



UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

TRABAJO DE TITULACIÓN

PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

NUCLEO ESTRUCTURANTE: ESTRUCTURAS

TEMA

“ANÁLISIS TÉCNICO Y COMPARATIVO DE LOSAS DE HORMIGÓN ARMADO VS LOSAS O PLACAS ALVEOLARES PRETENSADAS PARA SU IMPLEMENTACIÓN EN PROYECTOS ESTRUCTURALES QUE MEJOREN LA PRODUCCIÓN DE TRABAJO Y REDUCCIÓN DE COSTOS PARA ENTES CONSTRUCTORES DEL ECUADOR”

AUTOR

MARCOS KEVIN BRIONES LOZANO

TUTOR

ING. ADOLFO VILLACRESES VERA

2015 – 2016

GUAYAQUIL – ECUADOR

DEDICATORIA

El presente proyecto de titulación está dedicado en primer lugar Dios, al ser supremo por haberme mantenido en el camino correcto para lograr este objetivo muy importante a nivel académico, porque siempre estuvo ahí en los momentos difíciles apoyándome cuando más lo necesite. A mi padre el Sr. Marcos Wilson Briones, por estar siempre pendiente de mí, pendiente en todo momento. A mi madre la Sra. Carmen Lozano Andaluz, por ser parte fundamental en mi carrera porque siempre estuvo conmigo apoyándome de una u otra manera, a mi adorada abuelita la Sra. Ana Briones Figueroa, que ha estado conmigo espiritualmente, orando por mí en todo momento para que Dios me cuide y me proteja, a mi bisabuela la Sra. Flor Figueroa, que hoy ya no está más con nosotros, pero que sé que desde el cielo está muy contenta y feliz por este logro obtenido.

Agradecer infinitamente a mis tíos al Srgto. Sergio Bosquez Barragan y a la Ab. Mariela Lozano Andaluz, por haberme dispuesto de su vivienda y por brindarme el calor del hogar durante aproximadamente 6 años de largo trayecto de mi vida universitaria. A todos mis demás familiares como son mis tíos, tías, primos, primas y amigos demás gracias por de una u otra manera apoyarme en el recorrido de esta etapa.

A mis amigos de la universidad, a los amigos de siempre a los que estuvimos en las buenas y en las malas, con los que compartimos momentos de risas, felicidades, logros, angustias, preocupaciones ya que siempre estuvimos unidos hasta el final, poniéndole ganas, esfuerzo y mucho amor a la carrera, todo por conseguir el objetivo tan anhelado que es obtener el grandioso título de Ingeniero Civil.

AGRADECIMIENTO

Agradecer a mi querida y gloriosa Universidad de Guayaquil, y especialmente a la Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas, y a la Escuela de Ingeniería Civil, ya que me siento muy orgulloso de formar parte de ella, a todos y cada uno de los maestros que nos guiaron a lo largo de esta carrera, compartiendo en cada momento, en cada aula dejando todo por impartir sus conocimientos para cada uno de nosotros los estudiantes, gracias maestros por todo, por la exigencia, el respeto, por la amistad brindada.

A mi tutor del proyecto de titulación, Ing. Adolfo Villacreses, por ser una gran profesional ya que en el poco tiempo que lo he tratado, es un ingeniero de grandes conocimientos y de tal forma aportando con su experiencia para llevar el proceso de elaboración del proyecto de la mejor manera.

A las empresas como RM Constructores, en donde inicié a poner en practicar los conocimientos de ingeniería, a City Care Ingeniería y Servicios Urbánica en donde me ayudaron a crecer y experimentar el campo profesional, a la empresa Suarez Salas Constructores en donde complementé conocimiento y adquirí mucha experiencia para desenvolverme en el aspecto laboral, y por último a la EMAPAD-EP en donde estoy actualmente laborando y aprendiendo nuevas cosas y como se desempeña un cargo público, gracias a todas las empresas por ayudarme a adquirir conocimientos y ponerlos en práctica en la vida diaria.

Gracias a todas las personas que colaboraron de una u otra forma para sacar esta larga y dura carrera adelante, siempre con la bendición de Dios.

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

Ing. Eduardo Santos Baquerizo, M. Sc.

DECANO

Ing. Adolfo Villacreses Vera.

TUTOR

Ing. John Galarza Rodrigo

VOCAL

Ing. Ciro Álava Santos, M. Sc.

VOCAL

DECLARACIÓN EXPRESA

ART. XI del Reglamento de Graduación de la Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas de la Universidad de Guayaquil.

La responsabilidad de los hechos, ideas y doctrinas expuestas en este trabajo de titulación, corresponde exclusivamente al autor, y el patrimonio intelectual de la misma a la **Universidad de Guayaquil**.

MARCOS KEVIN BRIONES LOZANO

CI. 120595823-2

PRESENTACIÓN

El presente proyecto de titulación está comprendido en la descripción y comparación de los diferentes tipos de losas para diferentes proyectos estructurales como edificios, viviendas, hospitales, centro comerciales, etc., en donde se describe los aspectos importantes de las losas de hormigón armado y la propuesta de implementar las losas alveolares pretensadas tanto sus características en generales y diseño estructural con el fin de poder determinar cuál será la mejor opción para ejecutarlas en el transcurso de la construcción del proyecto estructural. Para lo cual tomaremos una estructura tipo realizando el análisis de losas de hormigón armado nervadas rectangulares apoyadas perimetralmente con cargas distribuidas uniformemente y la losa alveolar pretensada para compararlas en sus diferentes aspectos estructurales y así llegar a la conclusión de cuál sería más factible utilizar en nuestro medio.

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO I

1. Introducción: Tecnología de prefabricación.....	1
1.1. Planteamiento del problema.....	7
1.1.2. Antecedente Del Problema.....	7
1.2.2. Situación Actual.....	8
1.2. Objetivos de la Investigación.....	9
1.2.1. Objetivo General.....	9
1.2.2. Objetivos Específicos.....	9
1.3. Justificación.....	10
1.4. Objeto del estudio.....	12
1.5. Metodología.....	12
1.6. Limitación del problema.....	13

CAPÍTULO II

2. Marco Teórico.....	14
2.1. Reseña Histórica.....	14
2.2. Reseña histórica de la creación de losas de hormigón armado.....	16
2.2.1. Reseña histórica de la creación de losas de hormigón prefabricado y hormigón pretensado.....	19
2.3. Estado del arte de la investigación.....	23

CAPÍTULO III

3. Marco Conceptual.....	33
3.1. Losas: Descripción General.....	33
3.1.1. Losas Apoyas sobre vigas o Losas Apoyadas sobre muros:.....	34
3.1.2. Losas Planas:.....	34
3.1.3. Losas Planas con vigas perdidas:.....	35

3.1.4.	Losas en una dirección:.....	35
3.1.5.	Losas en dos direcciones:.....	36
3.1.6.	Losa maciza:.....	36
3.1.7.	Losa aligerada o alivianada:.....	36
3.2.	Análisis estructural.....	37
3.2.2.	Función estructural de las losas de hormigón armado.....	38
3.3.	Tipos de cargas a considerar en las losas convencionales y alveolares pretensadas.....	38
3.3.1.	Cargas vivas (<i>L</i>):.....	40
3.3.2.	Cargas muertas (<i>D</i>):.....	40
3.3.3.	Cargas accidentales (<i>W-E</i>)......	41
3.4.	Ventajas de las losas de hormigón armado.....	43
3.5.	Desventajas de las losas de hormigón armado.....	43

CAPÍTULO IV

4.	Losas o placas alveolares pretensadas.....	44
4.1.	Definición.....	44
4.2.	Ventajas de las losas alveolares pretensadas.....	45
4.3.	Desventajas de las losas alveolares pretensadas.....	46
4.4.	Estado de las placas o losas alveolares pretensadas bajo la acción del pretensado.....	46
4.5.	Control de calidad de las losas alveolares pretensadas.....	47
4.6.	Proceso de fabricación de las placas alveolares pretensadas.....	49
5.	Análisis y diseño de losas de hormigón armado vs losas alveolares pretensada.....	56

CAPÍTULO V

5.1.	Deflexiones máximas.....	56
5.2.	Diseño de la losa alveolar pretensada.....	101
5.3.	Conclusiones.....	109
5.4.	Recomendaciones.....	110

ÍNDICE DE IMÁGENES

Figura N° 1: Ecuador, Zonas de riesgos sísmicos.....	3
Figura N°2: Bote creado por Joseph Louis Lambot.....	18
Figura N°3: Sistema de losas casetonadas.	19
Figura N°4: Primera fábrica (PACADAR) de elementos pretensados en Europa- España.	22
Figura N°5: Losas prefabricadas en forma de TT. Década de 1950.	23
Figura N°6: Forjado de vigas y losas fabricadas pretensadas.	23
Figura N°7: Losas completas prefabricadas pretensadas. Década de 1950.	24
Figura N°8: Cobertura realizada con losas prefabricados postensadas de 6cm de espesor.	34
Figura 9: Losa apoyada sobre vigas.	35
Figura 10: Losa apoyada sobre vigas.	35
Figura 11: Losa sobre muros de hormigón.....	35
Figura N°12: Losa plana.	35
Figura N°13: Losa con capitel	35
Figura N°14: Losa con capitel y ábaco.	35
Figura N° 15: Losa con vigas perdidas.	36
Figura N° 16: Losa en una dirección (Unidireccional)	36
Figura N° 17: Losas en dos direcciones (Bidireccional)	37
Figura N° 18: Losa maciza.....	37
Figura N°19: Losa alivianada o aligerada.	38
Figura N° 20: Ejemplo de carga viva –vehículo cruzando un puente.....	41
Figura N° 21: Ejemplo de carga muerta-Estructura de soporte de un puente vehículo cruzando un puente.	42
Figura N° 22: Ejemplo de carga accidental producida por el viento en un puente.....	42
Figura N° 23: Ejemplo de carga sísmica en el pórtico de un edificio.....	43
Figura N° 24: losa o placa alveolar pretensada.....	45

Figura N° 25: Ensayos de losas alveolares bajo cargas gravitacionales.....	49
Figura N° 26: Elaboración de las placas alveolares pretensadas.....	49
Figura N° 27: Losas alveolares pretensadas usadas en estacionamientos.....	49
Figura N°28: Losas alveolares pretensadas usadas en estadios en accesos peatonales o grada.....	50
Figura N°29: Losas alveolares pretensadas usadas depósitos de agua o piscinas.....	53
Figura N°30: Losas alveolares pretensadas usadas estructuras para departamentos comerciales.....	53
Figura N° 31: Losas alveolares pretensadas empeladas en la 11.000m ² -e: 15cm y Torre Al Jazeera. Qatar- 680m ² -e: 26cm.....	54
Figura N°32: Losas alveolares pretensadas empeladas en las resistencias Burj-Dubai-38.00m ² -e: 22cm.....	54
Figura N°33: Losas alveolares pretensadas utilizadas en la Torre y Aparcamiento Al Salam -37.00m ² -e: 26cm.....	55
Figura N°34: Sección de placa o losa alveolar pretensada e: 10cm.....	98
Figura N°35: Sección de placa o losa alveolar pretensada e: 15cm.....	99
Figura N°36: Sección de placa o losa alveolar pretensada e: 20cm.....	99
Figura N°37: Colocación de una placa alveolar pretensada en una construcción.....	99

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N°1: Aspectos importantes a considerar en la construcción de losas.....	25
Tabla N°2: Funciones de los forjados.....	31
Tabla N°3: Combinaciones de carga para diseño.....	40
Tabla N°4: Deflexiones admisibles para losas de hormigón armado.....	57
Tabla N°5: Peraltes o alturas mínimas de losas (hmín).....	58
Tabla N°6: Tabla para calcular los hmín cuando no poseen vigas interiores no se calcula deflexiones.....	59
Tabla N°7: Tablas para diseño de losas nervadas apoyadas perimetralmente con cargas distribuidas uniformemente.....	88
Tabla N°8: Tabla para el cálculo de losas nervadas.....	92
Tabla N9: Tabla de datos y cálculos para el diseño de losas alveolares pretensadas.....	103
Tabla N°10: Cuadro comparativo entre propiedades de las losas de losas alveolares hormigón armado vs pretensadas.....	108
Tabla N°11: Cuadro de análisis comparativo técnico económico entre losas alveolares pretensadas vs losas típicas de hormigón armado.....	109

CAPÍTULO I

1. Introducción: Tecnología de prefabricación.

A lo largo de la historia el hombre ha buscado soluciones para la proyección de estructuras o edificaciones destinadas a usos como: vivienda, comercio, centros educativos, entre otros. La evolución constante tanto en las técnicas constructivas y de diseños estructurales, así como el desarrollo y mejoramiento de los materiales de construcción, han permitido que las estructuras presenten un comportamiento técnico satisfactorio y una economía aceptable.

Y como el hormigón armado ha sido la solución estructural preferida en el Ecuador a la hora de proyectar una estructura, esto debido a características ventajosas como son: su relativa facilidad de construcción, resistencia, buen comportamiento sísmico y ante vibraciones, disponibilidad de materiales existentes en el medio para su elaboración, buena resistencia al fuego, bajo mantenimiento, entre otros, se ha optado por realizar innovaciones con la losa alveolar pretensada.

Actualmente se han desarrollado nuevas soluciones para el diseño estructural de edificaciones y los costos de construcción han cambiado, por lo que resulta interesante comparar la solución clásica en nuestro medio, de hormigón armado, con otras soluciones. Es así que se ha visto en nuestro medio un aumento en la utilización de materiales alternativos al hormigón armado como

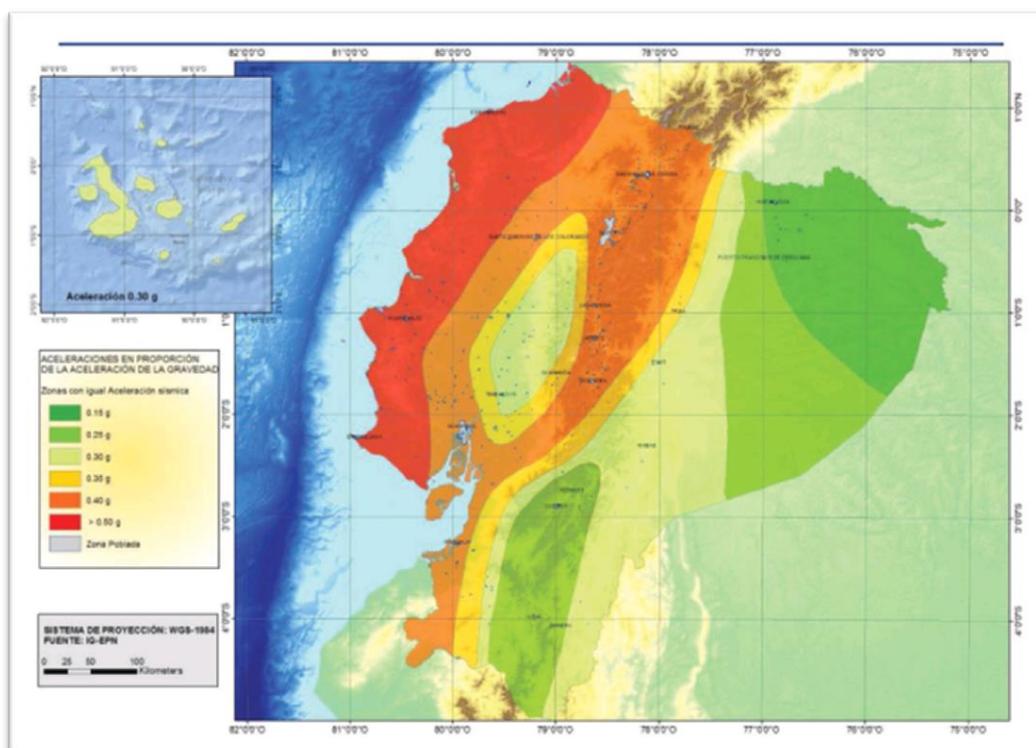
por ejemplo las estructuras metálicas y las estructuras prefabricadas las cuales deberían ser consideradas al momento de realizar las proyecciones de las estructuras.

Las estructuras metálicas son seleccionadas al realizar un diseño por la alta resistencia del acero por unidad de peso lo que permite estructuras relativamente livianas y en consecuencia espacios más amplios, con menor número de apoyos, así como dimensiones menores de los elementos estructurales; además presentan una alta ductilidad, lo cual les permite alcanzar grandes deformaciones sin llegar a su punto falla; en la parte constructiva las estructuras metálicas pueden ser levantadas en menor tiempo requiriendo por lo tanto una menor cantidad de mano de obra, reduciendo los tiempos y costos de construcción.

Por otra parte el hormigón prefabricado, al ser elaborado en industrias presenta ventajas como una mayor calidad debido a que se da un mejor control en cuanto a materiales y a la geometría de las secciones; también permite una reducción en los tiempos de ejecución así como en los equipos utilizados. Dentro del hormigón prefabricado tenemos el hormigón pretensado y postensado, los cuales nos permiten obtener grandes luces con peraltes pequeños y al mismo tiempo flechas o deflexiones menores con relación a otras soluciones estructurales. Por tal motivo es que se busca realizar la implementación de las losas alveolares pretensadas en los múltiples proyectos de ingeniería civil.

Debido a que el Ecuador se encuentra dentro del cinturón de fuego del Pacífico y específicamente la ciudad de Guayaquil se encuentra localizada en una zona considerable riesgo sísmico según el Código Ecuatoriano de la Construcción, cualquier análisis estructural que se realice debe tomar en cuenta normativas y especificaciones que garanticen un comportamiento sismo-resistente de las estructuras. Por lo antes mencionado para realizar el presente estudio se aplicarán las normas y recomendaciones especificadas por las Normas Ecuatorianas de la Construcción (NEC) y el Instituto Americano del Concreto (ACI).

Imagen 1: Ecuador, zonas sísmicas para propósitos de diseños y valor del factor de zona Z



Fuente: Norma Ecuatoriana de Construcción- NEC-2014

Para este estudio se busca comparar aspectos técnicos y económicos de edificaciones tipos proyectados con diferentes alternativas estructurales (hormigón armado y hormigón prefabricado), considerando diferentes variables como luces entre columnas, encontrando la alternativa más eficiente estructuralmente hablando y que a la vez sea aceptable económicamente. Dentro de cada solución estructural también se buscará el sistema que presente el mejor comportamiento para la morfología de cada proyecto estudiado, realizando la innovación tecnológica de las losas alveolares pretensadas aplicada a losas de piso de diferentes proyectos estructurales para disminuir la masa y los costos involucrados que son aplicadas actualmente en nuestro país, y así proceder al reemplazo de las losas típicas de hormigón armado. Por lo tanto se visualiza cambios en la parte económica y estructural, ya que reduce el número de elementos estructurales y menor cantidad de materiales como acero y de hormigón. Nuestro objetivo final será el de encontrar una solución óptima entre las losas alveolares pretensadas y las losas clásicas en función de nuestras necesidades, que sea sostenible y económica en cuanto a costo y plazo.

Con lo que respecta a la prefabricación consiste en elaborar partes importantes de una construcción fuera de su lugar definitivo. Esta fabricación se realiza en un lugar apropiado, en una posición más cómoda y en donde se pueda desarrollar un proceso repetitivo cuando se trate de muchos elementos de iguales características como es el caso de las losas alveolares pretensadas. Pueden

realizarse en la misma obra teniendo los equipos y herramientas apropiadas o en una planta especializada. En el mundo la tendencia es a buscar soluciones más flexibles, por lo que se prefiere la prefabricación abierta, es decir, la producción de elementos que pueden utilizarse en múltiples proyectos, combinándose con estructuras in situ o con prefabricados hechos en obra.

En diferentes parte del mundo se ha realizado innovaciones tal es el caso de Europa, América, Medio Oriente desde hace poco tiempo, usan un tipo de losa cuyo procedimiento combina la utilización de un elemento prefabricado en formas de placas con la posterior colocación de hormigón “in situ”. Este tipo de losa se denomina placas alveolares pretensadas.

Cuando hablamos de las losa alveolar pretensada hacemos referencia a elementos compuestos por hormigón, cables o torones y alivianadas con alveolos longitudinales, y si se necesita se puede colocar una malla para formar una loseta de hormigón que se la ejecuta en obra si el caso lo amerita. Poseen ventajas estructurales como menor peso, actúa como un solo cuerpo monolíticamente, continuidad y empotramiento. Se puede decir que en el aspecto económico ya que no necesitan encofrado, se pueden colocar con mayor rapidez en la construcción, reduce la perdida de material y la colocación de las instalaciones es mucho más fácil.

Es así que a nivel del mundo se han utilizado como soluciones para diferentes proyectos de gran envergadura en el ámbito comercial, industrial u

oficinas, etc. Se podría indicar que este tipo de soluciones estructurales se van a utilizar para los sistemas de pisos ya que posee mayor rapidez y versatilidad en el proceso de ejecución de un proyecto.

Haciendo un poco de historia con respecto a la prefabricación se han realizado intentos de prefabricación en todas la época históricas, los bloques de piedra con que fueron construidas las pirámides egipcias llegaba terminados desde distinto lugares, en Grecia los bloques de piedra de las columnas eran también preparados fuera de la obra y posteriormente montados. Esta tendencia fue optando por elementos cada vez más prácticos principalmente los livianos, dando inicio al desarrollo de sistemas prefabricados, semipesados y livianos en los cuales se puede destacar la incorporación de componentes industrializados.

En general no se trata de sistemas con gran libertad de diseño, el proceso de optimización, se empiezan a elaborar componentes que se procesan en talleres y que presentan una gran flexibilidad de ejecución, sin grandes limitaciones de tamaño y con costos adecuado, con la ventaja de que existen en diversos puntos a nivel mundial que dotan de piezas industrializadas o prefabricadas, para ser luego montadas en obra. En la actualidad este sistema se ha ido imponiendo gradualmente con la finalidad de explotar al máximo las ventajas que posee la prefabricación.

1.1.Planteamiento del problema.

Las losas de entrepiso dentro de aspecto o papel que desempeña dentro de una edificación es muy importante ya que son usadas como superficies para resistir o soportar las diversas cargas vivas o muertas que tendrá la estructura, convirtiéndose en el elemento que recibe las fuerzas o cargas verticales y que distribuye las fuerzas horizontales, es decir se puede concluir que las losas de entrepiso para las edificaciones conforma el medio principal para la distribución de las fuerzas externas o sismos. Teniendo esta premisa, las losas de entrepisos serán el objeto de estudio de nuestro presente trabajo de titulación.

1.1.2. Antecedente Del Problema.

La problemática aparece desde que el personal obrero con el que se trabaja realizando las actividades de encofrado, armado estructural y hormigonado de las losas llevan un tiempo considerable para llevar a cabo este trabajo, es aquí donde las losas alveolares pretensadas intervienen aportando así, su fácil forma de colocación in-situ, aportando una maniobrabilidad mejorada a través de las maquinarias que hacen su colocación segura , a más de reducir el porcentaje salarial de la mano de obra, es decir se mejora de una forma el proceso de trabajo y reduce el tiempo de ejecución de la edificación o las múltiples estructuras que vayamos a realizar en un futuro.

Por lo tanto para el presente proyecto de titulación además de mostrar la implementación de estas innovadoras losas recomendables para las diferentes estructuras, es dar a conocer el aspecto constructivo.

1.2.2. Situación Actual.

Respecto a la situación actual del estudio de las losas con referencia al Ecuador y a Guayaquil , durante mucho tiempo se ha construido las famosas losas planas, macizas y aligeradas con hormigón armado, estas requieren mucha consideración ya que la mano de obra y el presupuesto utilizado para la elaboración de estas losas en muchas ocasiones requieren de mayor capital, por tal motivo hoy en día la tecnología constructiva y la tecnología estructural ha evolucionado considerablemente creando así productos o elementos como la losa alveolar pretensada que es considerada a nivel mundial como una de las soluciones innovadoras para los diferentes proyectos estructurales , además que en el ámbito de la construcción realiza su aporte para mejorar el tiempo y aumentar la producción de trabajo y por ende ahorrar costos en el presupuesto de los proyectos a ejecutarse.

1.2. Objetivos de la Investigación.

1.1.1. Objetivo General.

El objetivo general de este proyecto de titulación es dar a conocer nuevos sistemas de losas de entrepiso como las losas alveolares pretensadas comparándolas con un tipo de losa de hormigón armado clásica en nuestro medio de acuerdo a las necesidades que se requiera en un proyecto estructural.

1.1.2. Objetivos Específicos.

- Implementar placas o losas alveolares pretensadas en proyectos estructurales de utilizando los sistemas de prefabricación.

- Realizar análisis entre losas alveolares vs losas típicas de hormigón para determinar su comportamiento estructural.

- Comparar costos para la construcción entre losas alveolares pretensadas vs las losas de hormigón armado.

1.2.Justificación.

Actualmente se utiliza con frecuencia soluciones estructurales como son la de acero y la de hormigón prefabricado además de la solución clásica de hormigón armado. Es importante además analizar para cada solución el comportamiento y eficiencia de diferentes sistemas estructurales y sus parámetros. Además de los aspectos técnicos en una estructura, uno de los aspectos más importantes a considerar a la hora de seleccionar una solución estructural es el económico, debido a que los costos de la estructura determinan si es viable o no la realización de la misma.

Esta investigación incluye el análisis completo de una alternativa estructural para los edificios tipo, es decir para un determinado tipo de material, se realizará el modelamiento, la selección del sistema estructural más eficiente, el diseño de los elementos y análisis económico.

Nuestra justificación se basa en antecedentes problemáticos de la actualidad presentadas hoy en día por los diversos factores que implican realizar losas para las diversas estructuras, es de conocimiento para los ingenieros y estudiantes de esta rama de ingeniería civil a medida que va transcurriendo el tiempo se van realizando nuevas innovaciones que mejoran el diseño y la ejecución de las diferentes obras en el ámbito estructural, es así como las losas o placas alveolares pretensadas surgen

para el desarrollo de los diferentes proyectos estructurales mejorando la calidad del trabajo.

En el ámbito estructural se ha tratado de mejorar, renovar y optimizar en cuestiones de tiempo y economía, por lo que no es de extrañarse que el campo de los elementos prefabricados se haya transformado en una opción muy atractiva en los tiempos actuales. Por ello se efectúa la necesidad de realizar los enfoques para aplicar los procesos de construcción de estructuras con elementos o piezas prefabricados que puedan ser implementadas de una forma adecuada a los diseños de los diversos proyectos estructurales.

La prefabricación es la forma de acelerar masivamente la construcción de edificaciones estructurales, para poder resolver problema que han estado en nuestro campo de trabajo acumulándose desde hace tiempos anteriores. En países en desarrollo, como son en su gran mayoría los de América latina, se requiere con urgencia identificar las necesidades de las empresas ejecutoras de los múltiples proyectos estructurales, la población, sus expectativas y sus condiciones socio-económicas.

¹ (Fernández, 2012)

1.3.Objeto del estudio.

El objeto de estudio son las losas clásicas y las losas alveolares pretensadas, con la finalidad de dar a conocer sus características, su funcionamiento, es decir su aporte en los proyectos ya que desempeña una de las partes fundamentales de una estructura, por este motivo vamos realizar un diseño de cada losas tanto las losas de hormigón armado como las losas alveolares pretensadas, para de esta manera poder comparar sus características estructurales, de aplicación y además de la parte económica que estas requieren para su ejecución, logrando así un análisis técnico y comparativo que nos ayudara a seleccionar el tipo de losa que nos convenga cuando ejecutemos un proyecto estructural de gran magnitud.

1.4.Metodología.

La metodología aplicada para resolver el tema de titulación se basa en el análisis estructural de una losa nervada de hormigón armado para una bodega con luces relativamente grandes, se procederá a realizar el análisis de las cargas tanto vivas como muertas que actúan sobre la losa, Posterior a esto se realizara un análisis comparativo tanto de las losas de hormigón armado vs las placas alveolares pretensadas que como elementos prefabricados que hoy en día en diferentes partes del mundo se está implantando para los diferentes proyectos estructurales que puede realizar un ingeniero civil.

² (Cabrera, 2010)

Además se puede abordar el presente trabajo de titulación consta de: en primer lugar describir los aspectos generales de las losas con el fin de establecer un compendio básico sobre estos temas. Posteriormente se realiza el diseño de una losa, para lo cual se estudiaran las cargas solicitantes.

Finalmente, se realiza una evaluación técnico – económica de la aplicación de la losa alveolar pretensada en modo de establecer conclusiones de viabilidad de la alternativa; tomando en cuenta sus aspecto de diseño, comportamiento estructural y evaluación técnico – económica.

1.5.Limitación del problema.

En nuestro estudio para el proyecto de titulación sobre el análisis técnico y comparativo de losas de hormigón armado vs losas o placas alveolares pretensadas para su implementación en proyectos estructurales está limitada a los siguientes aspectos:

- Analizaremos la parte estructural de cada losa, como son las losas de hormigón armado y la losa alveolar pretensada para su implementación en proyectos estructurales en el Ecuador.

- Realizaremos la descripción histórica y característica tanto de las losas clásicas de hormigón armados como las losas alveolares pretensadas, para así llegar a comparar cual será la más adecuada para implementarlas en los diferentes proyectos de la ingeniería civil

CAPÍTULO II

2. Marco Teórico.

2.1. Reseña Histórica.

A lo largo de la historia se han buscado soluciones para diseñar y construir las diferentes estructuras o edificaciones que serán para usos varios como: vivienda, centros comerciales, centros educativos, hospitales, galpones, puentes, entre otros, la evolución constante tanto en las técnicas constructivas y de diseño estructural, además el desarrollo y mejorar los materiales de construcción, han permitido que las estructuras presenten un comportamiento técnico satisfactorio y una economía adecuada.

Hoy en la actualidad se han creado innovaciones que presentan nuevas soluciones para el diseño estructural en las diferentes edificaciones y los precios de construcción han sufrido cambios, de tal forma se puede realizar comparaciones para dar soluciones en nuestro medio, mencionando así el hormigón prefabricado junto con otras soluciones. Por lo tanto en nuestro medio se busca aplicar soluciones innovadoras por tal motivo hacemos referencia a la losa alveolar pretensada combinándola así con estructuras metálicas y de hormigón armado por lo que deberían ser consideradas para cuando se realice proyecciones de costos.

“El hormigón armado ha sido la solución estructural preferida en el Ecuador a la hora de proyectar una estructura, esto debido a características ventajosas como son: su relativa facilidad de construcción, resistencia, buen comportamiento sísmico ante las vibraciones, disponibilidad de materiales existentes en el medio para su elaboración, buena resistencia al fuego, bajo mantenimiento, entre otras”.

Haciendo referencia a las estructuras metálicas son seleccionadas al realizar un diseño por la alta resistencia del acero por unidad de peso, lo que permite estructuras relativamente livianas y en consecuencia espacios más amplios, con menor número de apoyos, así como dimensiones menores de los elementos estructurales; además este tipo de estructuras presentan una alta ductilidad, lo cual les permite alcanzar grandes deformaciones sin llegar a su punto de ruptura o falla; en la parte constructiva las estructuras metálicas pueden ser levantadas en menor tiempo requiriendo una menor cantidad de mano de obra, reduciendo los tiempos y costos de construcción.

Por otra parte el hormigón prefabricado, al ser elaborado en planta presenta ventajas como una mayor calidad debido a que se da un mejor control en cuanto a materiales y a la dimensiones de las secciones; también permite una reducción en los tiempos de ejecución así como los equipos utilizados. Dentro del hormigón prefabricado tenemos el hormigón pretensado y postensado, los

cuales nos permiten obtener grandes luces con peraltes pequeños y al mismo tiempo flechas o deflexiones menores con relación a otras soluciones estructurales.

2.2. Reseña histórica de la creación de losas de hormigón armado.

El hormigón armado data de la época de 1823-1825 donde Joseph Monier, se lo considera como el “inventor del hormigón armado” a partir de 1867, pero la realidad por el año 1850 muchas personas ya venían construyendo estructuras de hormigón armado, incluyendo el mismo Monier. En siglo XIX en Europa existieron muchas patentes en la construcción de sistemas de hormigón armado que por lo general cada una de estas “patentes” tenían el nombre de su “inventor”.

Estos sistemas presentaban a veces pequeñas diferencias entre unas con las otras pero muchas veces solo se realizaban cambios sutiles, con el fin de tener una nueva patente, situación similar a la que se presentó con el hormigón pretensado casi un siglo posterior. Cuando se realizaban los diferentes ensayos con estas patentes los resultados que se reflejaban por cada situación se mantenían como secreto de estado. A continuación se indica dos aplicaciones anteriores a las patentes de Monier una en Inglaterra y otra en Francia.

³ (Fernández, 2012)

Se presume que Joseph Louis Lambot realizó sus experiencias con mobiliario de Jardín de hormigón armado allá por el año de 1845 en su obra más relevante fue un bote que lo fabrico en 1848, que consistía en una malla de alambre reforzada con algunas barras más gruesas para ser utilizado en un lago existente en su propiedad de Miralav, Francia.

Este bote tenía 4 m de largo, 1.30 m de ancho y un espesor de 4 cm, el cual fue mostrado en una exposición en París de 1855 donde fue la admiración. En fin sus ideas para experimentar no tuvieron gran trascendencia pero fueron conocidos por sus conocidos posteriores inventores del hormigón armado.
(Joseph Louis Lambot 1814-1887)

Imagen 2: Bote creado por Joseph Louis Lambot

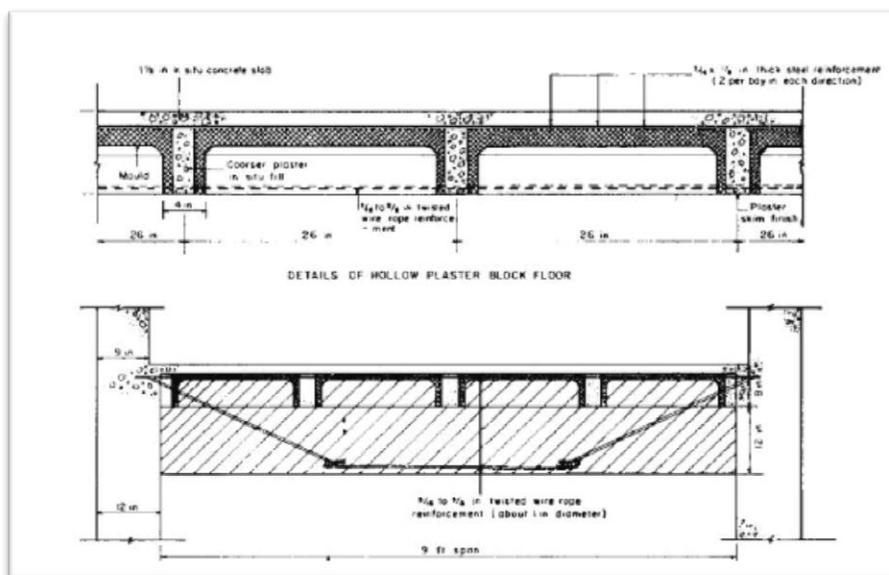


Fuente: Hormigón Armada: Notas sobre la Evolución.

⁴ (Edgardo Luis Lima, 1999)

Hace referencia como se creó la losa de hormigón armado, y señala que Wilkinson por el año de 1854 y patentó en Inglaterra un sistema de losas casetonadas. Estaba formado por una serie de casetones de yeso que cumplían la función de encofrados perdidos en los que se vertía el hormigón para elaborar los nervios y losa superior.

Imagen 3: Sistema de losas casetonadas



Fuente: Hormigón Armado: Notas sobre la Evolución.

Las armaduras de los nervios y de las vigas que sostenían la losa seguían la trayectoria de las atracciones. La losa tenía una malla inferior conformada por barras. Wilkinson patentó este tipo de losas de entre pisos para construcciones a pruebas de fuego, pero como le paso a Lambot, no se incursionó en otro tipo de elementos de hormigón armado y no se llegó a realizar un sistema integral de construcción estructural. (**William Boutland Wilkinson 1819-1902**)

⁵ (Edgardo Luis Lima, 1999)

2.2.1. Reseña histórica de la creación de losas de hormigón prefabricado y hormigón pretensado.

Monnier y Lambot comienzan a introducir armaduras en el hormigón en la segunda mitad del siglo XIX, cuando prefabrican maceteros y buques utilizando hormigón reforzado con entramados de alambre. 189L siendo la empresa Ed. Coignet de París, la primera en emplear vigas prefabricadas de hormigón armado para la construcción del casino de Biarritz.

En el año de 1900 se pre-moldean en EE.UU. los primeros elementos de hormigón armado de gran tamaño para cubiertas. Se utilizan placas de 1.20 m por 5.00 m, con un espesor de 5cm, a bajos costo y menor tiempo de ejecución y debido a la gran presión social para obtener una vivienda, en los países industrializados como Inglaterra y EE.UU., genera la necesidad de proyectos de edificación basados en la prefabricación.

En el año de 1907, Grosvenor Atterbury desarrolla un sistema cerrado de construcción de viviendas mediante grandes paneles aligerados de hormigón. Mientras que en 1908 Thomas A. Edison inventa y patenta un sistema para construir edificios de dos y tres plantas mediante el vertido de hormigón en moldes metálicos de manera continuada. El hormigón era elevado con cinta transportadora. A lo larga del primer tercio del siglo continuaron desarrollándose sistemas constructivos basados en la prefabricación de elementos no estructurales de fachada.

En el año de 1928 Eugene Freyssinet patenta el hormigón pretensado. Este gran invento va a revolucionar la construcción con hormigón, que entonces era un material inerte, pasivo, de fácil degradación a través de las inevitables fisuras, dada su baja capacidad de resistir esfuerzos de tracción. El hormigón se convierte, gracias al pretensado, en un material activo, que trabaja principalmente a compresión, lo cual le daría su carácter isótropo. Es un material noble, con unas condiciones de durabilidad espléndidas. Para ello fue necesario el desarrollo de aceros de alto límite elástico y hormigones de grandes resistencias a compresión.

En el año de 1929, Freyssinet crea la fábrica de Montargis, donde comienza la producción industrial de postes pretensados, en el año de 1936, Freyssinet construye el primer puente pretensado de la historia, en la Presa de Portes de Fer, con una luz de 19 m y una anchura de 4.66 m. En los años 1942 y 1943 el ingeniero de caminos Francisco Fernández Conde, obtiene de Freyssinet las patentes del pretensado para España y América Latina y fabrica, en el actual solar del INI, las primeras viguetas pretensadas de España, con carácter de prueba.

En 1944, se constituye la empresa PACADAR, S.A., cuyas iniciales se corresponden con "Piezas Armadas con Acero de Altísima Resistencia". A partir de este momento se comienzan a crear en España soluciones prefabricadas pretensadas para todos los ámbitos de la construcción. La

evolución de la prefabricación en España ha consistido en 50 años de continuo desarrollo en las técnicas de la prefabricación y profundas mejoras en la calidad, tanto de los materiales como del diseño de los elementos y de los procesos constructivos.

En 1995 Se prefabrica la primera viga pretensada en España que se empieza a comercializar bajo el nombre de Viguetas Freyssi. A partir de entonces, la evolución de la prefabricación en Europa ha estado siempre ligada al aumento de la calidad. La prefabricación exige instalaciones fijas, normalmente protegidas de las variaciones meteorológicas, donde se pueda realizar una labor de construcción, entendida como un proceso altamente industrializado. La primera fábrica de elementos prefabricados pretensados de España se creó en las cercanías de Rivas de Vacia Madrid, en la provincia de Madrid, en el año 1945. Posteriormente, se han ido creando fábricas en otros lugares de España y América.

Imagen 4: Primera fábrica (PACADAR) de elementos pretensados en Europa



Fuente: Evolución de la Prefabricación para edificación.

A finales de la década de 1950, se comienzan a desarrollar los elementos planos, tales como losas pretensadas y las vigas TT, para evitar la utilización de las bovedillas. De esta manera se conseguían forjados completos totalmente pretensados y utilizaron como elemento completo y forjado único, que se apoyaba, a su vez, en elementos tipo vigueta o viga principal, bien como parte inferior de una losa, cuya parte superior se hormigonaba en obra, o como placa auto-portante para otros usos, como cobertura de tierras.

Imagen 5: Losas prefabricadas en forma de TT. Década de 1950



Fuente: Evolución de la Prefabricación para edificación.

Imagen 6: Forjado de vigas y losas fabricadas pretensadas.



Fuente: Evolución de la Prefabricación para edificación.

Imagen 5: Losas completas prefabricadas pretensadas. Década de 1950



Fuente: Evolución de la Prefabricación para edificación.

⁶ (Fernández., 1997)

Imagen 8: Cobertura realizada con losas prefabricadas pretensadas de 6 cm de espesor



Fuente: Evolución de la Prefabricación para edificación.

2.3.Estado del arte de la investigación

De manera general, la estructura es la disposición y orden de las partes dentro de un todo. La ingeniería estructural está destinada al estudio de los pesos propios y la presencia de acciones exteriores (fuerzas, momentos, cargas térmicas, etc.) sin perder las condiciones funcionabilidad para las que se fue concebida esta. **(Cantillo, 1989)**

Si se considera como afecta la forma en el costo la estructura nos damos cuenta por que la elección apropiada del este tipo de losa, ya que es un factor determinante en el campo aplicado a la realización de la estructura, pues la estabilidad del proyecto se mejora si se efectúa una acertada selección de distribución al aplicar estos tipo de losas. **(Cantillo, 1989)**

Las losas de entrepiso o losas alveolares pretensadas son elementos rígidos que separan un piso de otro, elaborados y colocados monolíticamente apoyados sobre elementos estructurales ya sean en vigas o sobre muros estructurales. Las losas o placas deben ser capaces de sostener las cargas de servicios como el mobiliario, las personas, el mismo que su propio peso y el de los acabados como pisos revoques. Además forman un diafragma rígido intermedio para atender la función sísmica del conjunto. **(Rugel, 2002)**

Las losas de entre pisos se consideran como uno de los elementos más delicados en la construcción de edificios, ya que una colocación incorrecta del misma puede llevar al colapso sin necesidad que sobre venga un sismo, por lo tanto presento las definiciones de losas convencionales y losa alveolar pretensada para lo cual vamos a comparar ciertos aspectos importantes que debemos considerar para construcción de las losas de hormigón armado y la alveolar pretensada, por lo cual se debe tomar en cuenta lo siguiente:

Tabla N°1.- Aspectos importantes a considerar en la construcción de losas.

ASPECTOS IMPORTANTES A CONSIDERAR EN LA CONSTRUCCIÓN DE LOSAS		
EN OBRA	ORGANIZACIÓN Y PLANIFICACIÓN	COSTOS
Velocidad de trabajo.	Planeación financiera	Presupuesto más precisos.
Exactitud en tiempos de construcción.	Coordinación de actividades.	Control de materiales; 100% optimizado.
Eficiencia en controles de obra.	-	Mano de obra no especializada.
Precios dimensionales.	-	Anular los tiempos muertos.
Terminado perfectos	-	-

Autor: Kevin Briones Lozano

Los paneles o losas prefabricados de hormigón son de los sistemas estructurales prefabricados más comunes, como se ha demostrado en diversas investigaciones, el análisis económico determina viabilidad aceptable en este tipo de sistemas. La estructura de costos de este sistema estructural muestra como la producción que los elementos de hormigón cubre más del 50% de los costos de construcción, incidencia debida a las múltiples funciones que como los paneles de concreto en las edificaciones (estructuras, distribución de espacio, acabado) además gracias a la rapidez del sistema de paneles se obtiene menor incidencia de los costos indirectos y administrativos en la estructura de los costos proyectados.

Las propiedades de este tipo de losas tienen funciones especiales como térmicas, acústicas de protección contra el fuego, durabilidad debida a la tecnología aplicada y desarrollada en su diseño y elaboración, y otras más que la hace un elemento con mayor proyección al futuro que serán aplicados en los proyectos estructurales en las diferentes partes del mundo. La implementación de la losas alveolares pretensadas permite desarrollar parámetros como coordinación de trabajo, segura antisísmica, contraincendios, además de confort, durabilidad y estética. La progresividad de estos sistemas es viable con el desarrollo de un mercado abierto a que genera demanda suficiente para comercializarse este tipo de elementos. Con esto quedó demostrado que la viabilidad técnica y económica del sistema de grandes paneles o losas alveolares, es rentable para cualquier tipo de proyecto estructural.

Estos elementos se van colocando adosadas unas a otras apoyándose en sus extremos, sobre una superficie de apoyo ya sea esta viga de concreto o viga metálica, muro de hormigón armado, muros portantes, etc., configurando de esta forma la geometría del forjado. Una vez terminado el ensamblaje de la placa, se procede a la colocación de armadura de reparto y refuerzo de negativos, tras lo cual se hormigona la capa de compresión.

Dada la gran resistencia frente a momentos flectores positivos, generalmente, la placa alveolar se calcula como una sección biapoyada. En otros casos se calcula considerando la continuidad, lo que obliga a la colocación de refuerzos de negativos en la capa de compresión.

- Grandes luces y/o sobrecargas con mínimo espesor.
- Facilidad y rapidez de montaje.
- Economía de mano de obra y medios auxiliares.
- Autoportantes (no necesitan encofrados, apeos ni sopandas).
- Colocación con o sin capa de compresión.
- Máxima durabilidad (hormigones homogéneos de gran compacidad e impermeabilidad debido a su baja relación agua/cemento).
- Acabado liso en su cara inferior (puede suprimirse el enlucido). Posibilita el trabajo bajo el forjado una vez asegurada la estabilidad del sistema.

El uso de placas alveolares como sistema de entrepiso tiene las siguientes ventajas:

- **Mínimo desperdicio.** Son producidas a la medida de cada proyecto con maquinaria automatizada bajo estrictos controles de calidad que aseguran el mínimo desperdicio de material.
- **Bajo peso.** Las perforaciones longitudinales continuas o alvéolos reducen de manera importante el peso de las estructuras y por lo tanto los costos de la cimentación, de las columnas y de las vigas.
- **Fácil instalación.** Son rápidamente instaladas en el sitio de manera eficiente, limpia y ordenada, con mínimo equipo y mano de obra, reduciendo así los tiempos de construcción.
- **Eliminación de encofrados o apuntalamiento.** No requieren cimbra de contacto o encofrado. Además, proveen una plataforma segura y disponible inmediatamente después de instaladas para continuar con el resto de las actividades.
- **Luces largas.** Las placas alveolares pueden acomodarse a grandes luces, resultando en amplios espacios libres de columnas. Pueden alcanzarse luces hasta de 9.5 metros.
- **Flexibilidad en el diseño.** Las placas alveolares pueden usarse en combinación con otros materiales de construcción incluyendo muros de mampostería, muros o vigas de concreto prefabricado o in situ, concreto presforzado o vigas de acero.
- **Alta capacidad de carga.** Proveen la eficiencia de un miembro presforzado en cuanto a capacidad de carga, rango de luces y control de

deflexiones, manejando cargas pesadas como las requeridas en centros comerciales, parqueaderos, oficinas, apartamentos o almacenes, con espesores mínimos.

- **Durabilidad.** El concreto y acero utilizado para la producción de las placas son de alta resistencia y cumplen con los estándares de calidad requeridos, asegurando una mayor durabilidad.
- **Resistencia al fuego.** Dependiendo del espesor de la losa y el recubrimiento del refuerzo, la resistencia al fuego puede llegar hasta 4 horas.
- **Aislamiento acústico.** Las placas alveolares pueden reducir la transmisión de ruido y pueden cumplir con diferentes requerimientos de aislamiento acústico para diferentes tipos de ocupación.
- **Servicios.** Los alvéolos en las placas pueden ser usados como ductos de servicios para ocultar tuberías, cables eléctricos o telefónicos. Las perforaciones son realizadas por el fabricante durante el proceso de producción.

Todas estas ventajas traen como consecuencia menores costos totales de los proyectos (materiales, mano de obra y financieros) cuando se compara con sistemas tradicionales de entrepiso. Entre las funciones estructurales que realizan las placas o losas alveolares pretensadas citamos las siguientes:

- a) Resistir las cargas correspondientes a su uso, con sus correspondientes coeficientes de seguridad.

- b) No tener deformaciones ni vibraciones excesivas.
- c) Transmitir las cargas verticales a través de los pilares hasta la cimentación y el terreno
- d) Actuar como pantallas antes las deformaciones horizontales.
- e) Contribuir a la reducción de la longitud de pandeo de los pilares aportando rigidez horizontal.

Además las losas alveolares pretensadas son piezas prefabricadas que hoy en día son muy utilizadas en el ámbito de la estructura, en las grandes edificaciones del mundo entero. En el análisis de este tipo de losa una de las incidencias de mayor relevancia que hacen que su costo sea más económico es debido a la continuidad de sus alveolos longitudinales lo que provoca menor cantidad de colocación de hormigón al momento de su fabricación, no denigrando así que puedan tener menor resistencia, ya que estas fueron diseñadas para soportar altos esfuerzos a la compresión aproximadamente entre 700-900 kg/cm².

Cuando hablamos de forjados se hace referencia a la estructura superficial la cual es la base resistente de pisos y algunos faldones de cubierta que reciben las diferentes cargas y que a la vez son transmitidas a los restantes elementos que conforman la estructura, para que tenga un correcto desempeño la estructura en general. Podemos citar los tipos de forjados tales como los unidireccionales (son aquellos que transmiten las cargas a los

elementos estructurales en una sola dirección) y los bidireccionales (son aquellos que transmiten la carga en las dos direcciones principales x,y).

Tabla N°2.- Funciones de los forjados.

CUADRO DESCRIPTIVO-FUNCIONES DE LOS FORJADOS	
ARQUITECTÓNICOS	Dividir el espacio en vertical, ya que las losas alveolares son unidireccionales)
ESTRUCTURALES	Sostener la carga. Rigidez. Monolitismo. Encadenado
CONSTRUCTIVAS	Aislamiento térmico. Aislamiento acústico. Protección contra incendios. Soporte de pavimento o capa de cobertura. Albergar instalaciones.

Autor: Kevin Briones Lozano.

Para nuestro análisis técnico y comparativo analizaremos la parte estructural de la placa alveolar pretensada, en la cual está diseñada para resistir las cargas correspondientes que serán inducidas a la estructura de acuerdo al tipo de uso para la funcionalidad de la obra, con los respectivos coeficientes de seguridad que se le asigna al mismo.

Se puede indicar que no poseerán deformaciones ni vibraciones en exceso tal que produzcan riesgos en la estructura. Este tipo de losas deberán tramitar las cargas que se efectúen o que actúen sobre la misma para así transmitirla a las diferentes partes del cuerpo estructural, tanto a

las columnas o pilares como a la cimentación respectiva, llegando hasta el terreno donde se encuentra ubicado el proyecto.

Las losas alveolares pretensadas ayudan a la disminución de pandeo que se efectúan en la estructura y además contribuyen a la reducción de torsiones que se presentan en las vigas de apoyo. De tal manera haciendo referencia a las funciones mencionadas, estas deben satisfacer ciertas condiciones para que su función estructural sea la correcta. Las condiciones a satisfacerse son las siguientes:

- **Rigidez a flexión:** Esta condición hace referencia a la relación f/L donde sabemos que “ f ” es la flecha originada por la carga “ q ” calculada, y “ L ” la luz del forjado o losas alveolar, de la cual surge la concepción de mayor rigidez, menor será el coeficiente.
- **Monolitismo:** Conociendo el proceso de colocación de las losas o placas alveolares, al momento de implementarlas en las estructuras, se coloca cada placa de forma individual hasta formar una sola pieza estructural, es decir el monolitismo nos indica que el conjunto de piezas deben actuar como un solo cuerpo. Cabe indicar que se la puede conseguir implementando una loseta de compresión al momento de finalizar la colocación de las placas para formar la losa.

- **Encadenado:** Una vez ya colocadas las placas para la formación de las losas alveolares, además de las vigas y columnas, debe garantizarse la transmisión de los esfuerzo horizontales en el plano de la pieza para los cuales se pueden colocar zunchos o vigas en el borde del perímetro para que se sujete y tenga contacto con la pieza y se pueda encadenar.

- **Cumplimiento de las cargas de servicio:** Durante la vida útil del edificio o el proyecto que realizaremos debe estar sometido a las diferentes condiciones de servicio tales como deformaciones verticales como horizontales, fisuras de las piezas y alargamiento de las armaduras.
(Calavera Ruiz, 1984)

CAPITULO III

3. Marco Conceptual.

3.1. Losas: Descripción General.

Las losas se definen como elementos estructurales ubicados horizontales con capacidad de soportar a las cargas vivas y muertas a las cuales puede estar sometida y que trabajan principalmente a la flexión. Se emplean para entrepiso y cubierta. Estas pueden ser coladas en sitio o prefabricadas. Su posición dentro de la estructura puede ser totalmente horizontal o inclinada, según las características del proyecto. **(Ana Isabel García Monroy, 2007)**

Es un elemento estructural elaborado con hormigón armado que es utilizado para dividir la parte de los pisos comprendida entre vigas o viguetas. Se podría indicar que como elemento estructural desempeña un papel importante ya que a través de ella descargan las fuerzas aplicadas como cargas vivas y muertas para transmitir las a las vigas y que a su vez descargan en las columnas.

(Zambrano, 2008)

Imagen 9: Losa apoyada sobre vigas



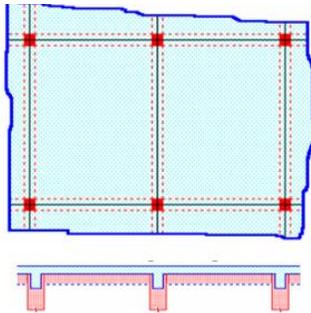
En la ingeniería civil, la losa se convierte en parte fundamental ya que cumple un papel muy importante en el ámbito estructural y constructivo.

Fuente:http://clasipar.paraguay.com/losa_de_hormigon_armado_2634654.html

Mencionaremos a continuación algunos tipos de losas de acuerdo a los diferentes casos que se pueden presentar:

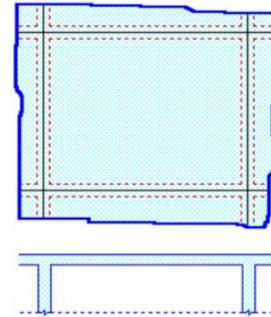
3.1.1. Losas Apoyas sobre vigas o Losas Apoyadas sobre muros: Son aquellas que pueden estar apoyadas sobre muros.

Imagen 10: Losa apoyada sobre vigas.



Fuente: Diseño de losas de H.A.

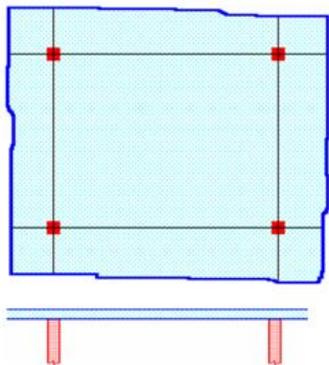
Imagen 11: Losa sobre muros de hormigón



Fuente: Diseño de losas de H.A.

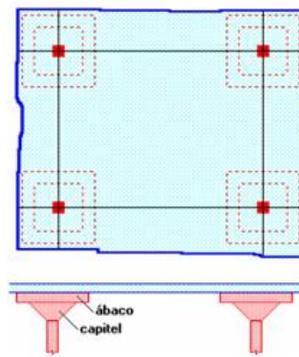
3.1.2. Losas Planas: Son aquellas que proporcionar mayor flexibilidad para la ubicación de columnas y reducen la altura estructural pero limita el tamaño de las luces por lo que es adecuado para edificios de apartamentos y oficina, pero no son adecuadas en zonas de alto riesgo sísmico como en nuestro país, pues no tienen capacidad suficiente para estar incursionado en el rango elástico del comportamiento de sus materiales.

Imagen 12: Losa plana



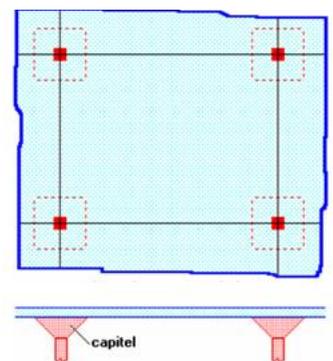
Fuente: Diseño de losas de H.A.

Imagen 13: Losa con capitel y ábaco.



Fuente: Diseño de losas de H.A.

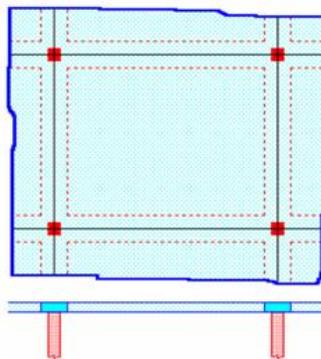
Imagen 14: Losa con capitel



Fuente: Diseño de losas de H.A.

3.1.3. Losas Planas con vigas perdidas: Son utilizadas para mejorar su comportamiento antes los sismos, implementando las vigas perdidas, que poseen mayor ductilidad, son utilizadas en proyectos de edificaciones de hasta de 4 pisos con luces cortas, cargas pequeñas y medianas.

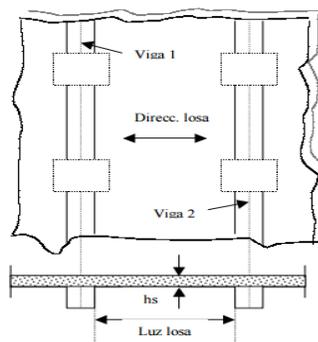
Imagen 15: Losa con vigas perdidas.



Fuente: Diseño de losas de H.A

3.1.4. Losas en una dirección: Son aquellas losas que están conformadas por una serie de vigas secundarias apoyadas en las vigas principales y que descansan en las columnas. Se ubica sobre las vigas secundarias y el acero de refuerzo se coloca en dirección perpendicular a las vigas secundarias. De esta manera se tendrá un flujo de carga que ejercerá la losa, luego a las vigas secundarias, a las vigas principales y por último a las columnas que transmitirán las cargas a la cimentación.

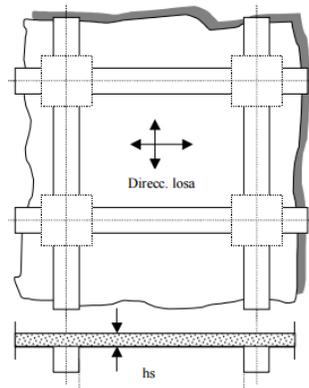
Imagen 16: Losa en una dirección



Fuente: Diseño de losas en 2D-Estructuras de Hormigón 2

3.1.5. Losas en dos direcciones: Si mediante el tipo de apoyo se determina la magnitud de los esfuerzos en dos direcciones ortogonales se puedan comparan se denominan bidireccionales.

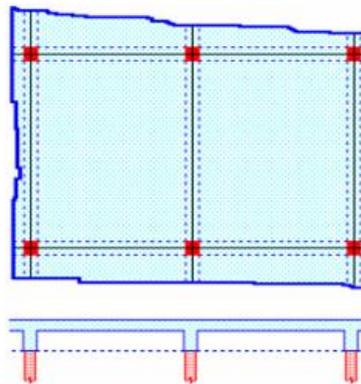
Figura N° 17: Losas en dos direcciones (bidireccional)



Fuente: Diseño de losas en 2D-Estructuras de Hormigón 2

3.1.6. Losa maciza: Es aquella losa cuando es monolítica, es decir un solo cuerpo y el hormigón ocupa en su totalidad el volumen de la losa.

Figura N° 18: Losa maciza

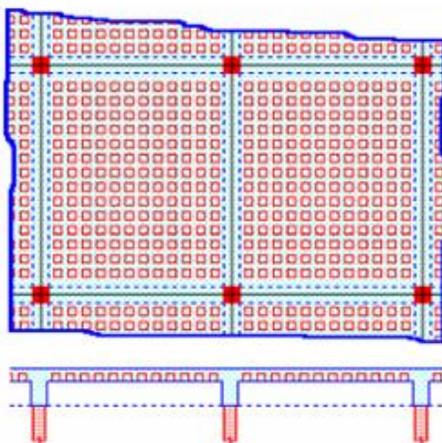


Fuente: Diseño de losas de H.A

3.1.7. Losa aligerada o aliviada: Se caracteriza por el reducido uso de hormigón que se encuentra a tensión sustituyéndolo por espacios vacíos

mucho más livianos que este conglomerante; estos espacios vacíos se forman generalmente colocando cajonetas de acero o de plástico que son retirados luego de que se endurece las losas son también conocidas en nuestro medio como losas nervadas.

Figura N°19: Losa alivianada o aligerada.



Fuente: Diseño de losas de H.A

3.2. Análisis estructural.

3.2.1. Función arquitectónica de las losas de hormigón armado.

“Separa unos espacios verticales formando los diferentes pisos de una construcción; para que esta función se cumpla de una manera adecuada, la losa debe garantizar el aislamiento del ruido, del calor y de visión directa, es decir, que no deje ver las cosas de un lado a otro” (<http://www.arquba.com/monografias-de-arquitectura/losas-de-entrepiso>)

3.2.2. Función estructural de las losas de hormigón armado.

La losa de hormigón armado constituye un elemento estructural al que se le debe poner mucha atención al momento de la construcción y su análisis, y que al momento de implementar en la construcción de un edificio, si su distribución o falta de acero de refuerzo no cumple con la necesidad requerida, puede llevarla al colapso sin necesidad de una fuerza o movimiento endógeno.

Por lo tanto si una losa está correctamente construida, analizada y diseñada estructuralmente tendrá un correcto desempeño y cumplirá a satisfacción su función, que es la de soportar cargas vivas y muertas, además fuerzas tanto internas como externas. Y a su vez dará seguridad al proyecto beneficiado y a las personas que lo van a utilizar.

La función específicamente es que debe soportar las cargas o fuerzas de servicios como mobiliarios, cargas vivas, peso propio y acabados como paredes, baldosas, tumbados, etc. En la parte sísmica que cumpla con la formación de un diafragma rígido intermedio, para atender la cargas sísmica. **(Zambrano, 2008)**

3.3. Tipos de cargas a considerar en las losas convencionales y alveolares pretensadas.

Según los Requisitos de Reglamento para Concreto Estructura (ACI 318SUS-14), nos indica cómo aplicarse las cargas para la selección de las cimentaciones y factores de carga empleados para el diseño, las cuales deben

incluir o están asociadas con las cargas vivas, cargas muertas, cargas por viento y sísmicas. A continuación se detalla Las cargas y sobrecargas a las que están sometidas los diferentes tipos de losas en un proyecto estructural son:

Tabla N°3.- Combinaciones de carga para diseño.

COMBINACIONES DE CARGA	ECUACIÓN	CARGA PRIMARIA
$U= 1.4 D$	(3.1a)	D
$U= 1.2D+1.6L+0.5(Lr \text{ ó } S \text{ ó } R)$	(3.1b)	L
$U= 1.2D+1.6L+0.5(Lr \text{ ó } S \text{ ó } R)+(1.0L \text{ ó } 0.5W)$	(3.1c)	Lr ó S ó R
$U= 1.2D+1.6L+0.5(Lr \text{ ó } S \text{ ó } R)+(1.0L \text{ ó } 0.5W)$	(3.1d)	Lr ó S ó R
$U= 1.2D+1.0E+1.0L+0.2S$	(3.1e)	E
$U=0.9D+1.0W$	(3.1f)	W
$U=0.9D+1.0E$	(3.1g)	E

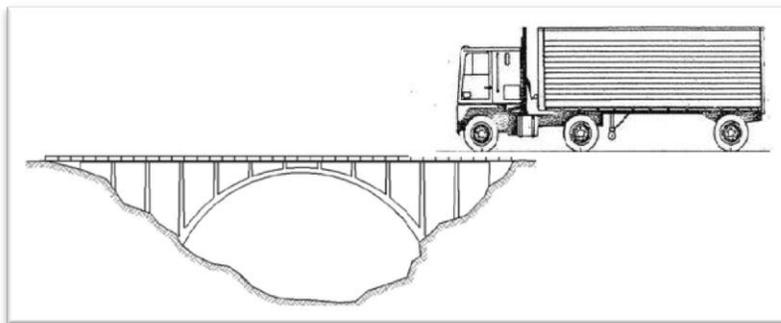
Fuente: ACI 318SU-14- Capítulo 5.

El ACI 318SU-14 tiene las siguientes combinaciones de carga en donde:

- **U:** Carga última
- **D:** Cargas muertas
- **L:** Cargas vivas
- **Lr:** Cargas vivas en techos
- **S:** Cargas de nieve
- **R:** Cargas por lluvia, granizo o hielo, sin incluir el encharcamiento;
- **W:** Cargas de viento
- **E:** Cargas sísmicas.

3.3.1. Cargas vivas (L): Las cargas vivas son cargas no permanentes es decir cargas variables en magnitud y posición debidas al funcionamiento propio de la estructura, estas cargas pueden ser generadas por personas en permanente movimiento, muebles, particiones y personas que entran y salen de una edificación. Pueden incluso en algún caso de no existir. Ej. Un edificio abandonado o un puente sin tráfico.

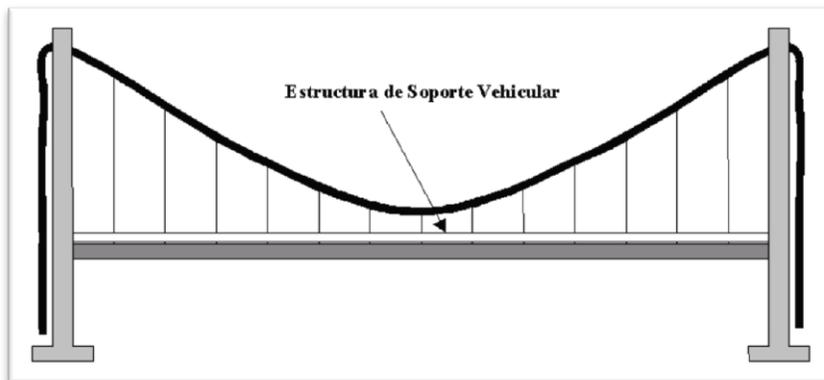
Figura 20: Ejemplo de carga viva –vehículo cruzando un puente.



Fuente: <http://www.arqhys.com/articulos/cargas-vivas-muertas.html>

3.3.2. Cargas muertas (D): Son aquellas que se mantienen en constante magnitud y con una posición fija durante a vida útil de la estructura, generalmente la mayor parte de las cargas muertas es considerada el peso propio de la estructura. Puede calcularse como una buena aproximación a partir de la configuración de diseño, las dimensiones de la estructura y de la densidad del material. En el caso de edificaciones también son consideradas por lo general cargas muertas a los acabados de pisos, paredes, cielos rasos, y se deja un margen para tener en cuenta cargas suspendidas como ductos, aparatos y accesorios de iluminación.

Figura N°21: Ejemplo de carga muerta – estructura de soporte vehicular de puente.

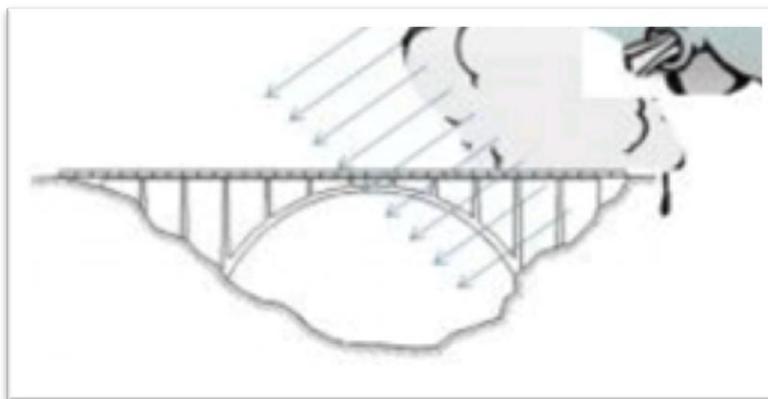


Fuente: <http://publiespe.espe.edu.ec/academicas/memoria/memoria11/puentes/puentes03.htm>

3.3.3. Cargas accidentales (W-E).

3.3.3.1. Viento (W): Son cargas dinámicas pero se aproximan usando cargas elásticas equivalente, la mayor parte de los edificios pueden utilizar este procedimiento cuasi-elástico y solo casos especiales que requieran un análisis modal o dinámico. En nuestro país y para nuestro análisis como no se presentan fenómeno de huracanes o tornados, de modo que al analizar los edificios sísmicamente se cubre los efectos del viento que actúan en nuestro medio.

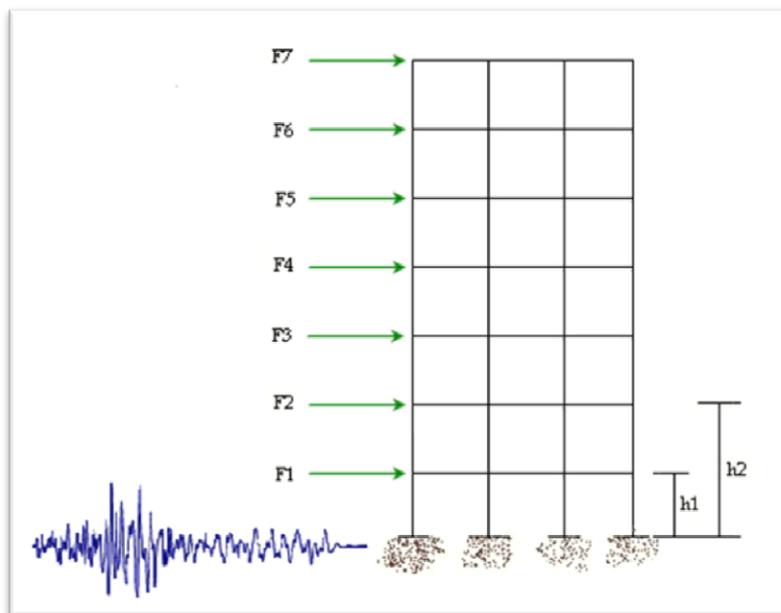
Figura N° 22: Ejemplo de carga accidental producida por el viento en un puente.



Fuente: <http://www.arqhys.com/arquitectura/cargasaccidentales.html#9295>

3.3.3.2.Sismo (E): La cargas sísmicas son cargas inerciales causado por moviendo sísmicos estas pueden ser calculadas teniendo en cuenta la característica dinámicas del terreno, de las estructura (amortiguamiento masa y rigidez), y las características esperadas. Los sismos producen cargas una estructura por medio de la interacción del movimiento del suelo y las características de respuesta de la estructura. Esas cargas resultan de la distorsión en la estructura causada por el movimiento del suelo y la resistencia lateral de esta. Sus magnitudes depende de la velocidad y tipo de aceleraciones del suelo, así como de la masa y rigidez de las estructura.

Figura N°23: Ejemplo de fuerza sísmica en un edificio.



Fuente: <http://www.lis.ucr.ac.cr/index.php?id=27>

3.4.Ventajas de las losas de hormigón armado.

- Posee materiales con aceptación universal., ya que existe disponibilidad de los mismos.
- Pueden adoptar varias formas en lo arquitectónico.
- Poseen la característica de conseguir ductilidad.
- Posee un grado elevado de durabilidad.
- Son muy resistente al fuego (1 a 3 horas).
- Tiene factibilidad de lograr diafragmas de rigidez, es decir que tiene la capacidad que tiene una estructura para deformarse por una fuerza o un sistema de fuerzas.
- Posee alta resistencia a los esfuerzos de compresión, tracción y corte.
- Estas losas requieren de muy poco mantenimiento.

3.5.Desventajas de las losas de hormigón armado.

- Este tipo de losas está inmersa con el peso del elementos, ya que existen casos en que proyectos por su gran magnitud, poseen grandes volados por tanto requiere mayor costo de materiales y por ende mayor presupuesto.
- Poseen un excesivo peso y volumen.

Capítulo IV

4. Losas o placas alveolares pretensadas.

4.1. Definición

Las losas de entrepiso o losas alveolares pretensadas son elementos rígidos que separan un piso de otro, elaborados y colocados monolíticamente apoyados sobre elementos estructurales ya sean en vigas o sobre muros estructurales. Es construido con hormigón pretensado canto formado con alveolos longitudinales que produce su alivianamiento, ofreciendo economía en sus materiales, mano de obra y tiempo de ejecución, por lo que significa una importante reducción en lo que se refiere a costo.

Las losas o placas deben ser capaces de sostener las cargas de servicios como el mobiliario, las personas, el mismo que su propio peso y el de los acabados como pisos revoques. Además forman un diafragma rígido intermedio para atender la función sísmica del conjunto. **(Rugel, 2002)**

Figura N°24: losa o placa alveolar pretensada.



Fuente: Weisler.

4.2.Ventajas de las losas alveolares pretensadas.

- Manejar grandes luces de entrepiso y sobrecargas con cantos de losas pequeños.
- Garantizar la calidad de materiales exigidas en el proyecto y al mismo tiempo aportar un comportamiento mecánico excelente.
- La inversión de la obra inicia su recuperación más rápido, debido a que el tiempo de ejecución (rapidez en el montaje hasta 1000 m² al día) es menor que con sistemas tradicionales
- La ejecución de la obra requiere de menor cantidad de personal en comparación con los sistemas tradicionales, mejorando los tiempos de obra con una reducción de gastos fijos; control eficiente de relación horas/hombre.
- Calidad homogénea y garantizada del producto.
- Eliminación del alzaprimado del entrepiso, permitiendo mantener un área más limpia, despejada, o con menor cantidad de obstáculos para trabajar.
- Posibilidad de canalización interna para instalaciones.
- Reducción de los residuos de la construcción.
- Larga durabilidad, bajo mantenimiento en exteriores.
- Excepcional resistencia al fuego entre 2 a 4 horas.
- Alta resistencia a la compresión entre 700-900 kg/cm²

4.3.Desventajas de las losas alveolares pretensadas.

- Tiene poca flexibilidad para adaptarse a cierto tipo de proyectos.
- Su empleo solamente en claros grandes.
- El desperdicio de materiales (en un pequeño número de casos).
- **Transporte y Manipulación:** Si el acopio, manipulación, forma de transporte e izaje no son efectuadas por personal capacitado, esto podría afectar a las piezas.
- **Requisitos mínimos en obra:** Se debe disponer de equipos pesados para el montaje de elementos estructurales y tener el espacio suficiente para maniobrar con esta maquinaria.

4.4.Estado de las placas o losas alveolares pretensadas bajo la acción del pretensado.

Una vez fabricada, y en espera de ser utilizada, la alveoplaca queda sometida a su peso propio y a la acción del pretensado. Al destensar las armaduras activas, cuando el hormigón ha alcanzado la resistencia adecuada, se produce la transferencia al hormigón de la fuerza que habían recibido las armaduras (Fuerza de pretensado), menos el valor de las pérdidas instantáneas que reducen dicha fuerza hasta el valor característico de la fuerza de pretensado en el instante inicial. Con el transcurso del tiempo esta fuerza inicial se va reduciendo en el valor de las pérdidas diferidas, hasta estabilizarse, finalmente, en un valor denominado fuerza característica de pretensado. La tensión en cada

armadura activa, en el instante posterior a la transferencia (tensión inicial), resulta igual a la recibida en el tesado menos las pérdidas iniciales que haya tenido.

El área de la armadura, multiplicada por su tensión inicial, da la fuerza inicial de esa armadura (alambre o cordón). El valor característico de la resultante de las fuerzas iniciales de todas las armaduras, es la fuerza inicial de pretensado P_{ki} , y la distancia del punto de aplicación de dicha resultante respecto al centro de gravedad de la sección homogeneizada, es su excentricidad e , que puede ser positiva o negativa según que el punto de aplicación se encuentre por encima o por debajo de dicho centro de gravedad.

4.5. Control de calidad de las losas alveolares pretensadas.

El control de calidad de las losas alveolares pretensadas se realiza según un Plan de Control de la calidad presentado al organismo oficial que concede la autorización de uso, y aprobado junto con ésta. Este plan comprende ensayos de los componentes del hormigón, y de las armaduras que se van a utilizar. Además, se realiza un intenso control de las losas prefabricadas, comprobando su resistencia a momento flector y cortante, deformación bajo carga y fisuración.

Todas las fábricas donde se elaboran las placas o losas alveolares pretensadas disponen de un laboratorio y medios adecuados donde realizar dichos ensayos. La supervisión del control de calidad corresponde a un técnico especializado cuya titulación le faculta para estas funciones, por tal motivo se recomienda que todos los fabricantes de las losas alveolares pretensadas estén en posesión del sello de conformidad distintivo oficialmente reconocido que, mediante las reglamentarias Inspecciones de la producción, valida el autocontrol de la calidad de la Producción que realiza el fabricante, de acuerdo con el plan de control de la calidad adjunto a la autorización de uso.

Figura N°25: Ensayo de losas alveolares bajo cargas gravitacionales.



Fuente: Reunión del Concreto 2010.

4.6. Proceso de fabricación de las placas alveolares pretensadas.

El proceso de elaboración o fabricación de las losas o placas alveolares pretensadas, inicia previamente con la limpieza de la superficie o pista que se utilizará para la colocación del desencofrante para que el hormigón se quede adherido sobre la mismas. Luego se toman, de las bobinas, los torones adecuados con los que estará conformada la placa, según el tipo que se requiera, y se pasan por las perforaciones de los cabezales que fijan su posición en la pista. Se sujetan, los torones, a la carretilla lanza-cables, que tira de ellos, extendiéndolos a lo largo de toda la superficie hasta la bancada opuesta. Allí, se introducen sus extremos por las correspondientes perforaciones que fijan su posición y se anclan en la cabeza de anclaje pasivo, mediante piezas especiales con cuñas.

Figura N°26: Elaboración de las placas alveolares pretensadas.



Fuente: Weisler folleto.

Se cortan los torones o alambres y se sujetan a un gato hidráulico que tira de ellos traccionándolos hasta la tensión prevista (superior a 1.000 N/mm²). A continuación se acuñan en la cabeza de anclaje activo que forma parte de la bancada correspondiente. La bancada desde la que se traccionan las armaduras recibe el nombre de "activa", mientras que la opuesta es la "bancada pasiva", ambas vinculadas a través de la losa de compresión que completa la infraestructura resistente de cada pista de producción.

Una vez que las armaduras se encuentran fuertemente tesadas entre ambas bancadas, se sitúa la máquina ponedora sobre los carriles que flanquean la pista. Al tiempo que la máquina avanza, asegura la posición de la armadura mediante el "guía-hilos" situado en su parte delantera, y va depositando el hormigón con la forma y dimensiones que corresponda a la placa alveolar que se esté elaborando. Este hormigón debe tener una consistencia muy seca, de modo que mantenga la forma y dimensiones recibidas, por lo que debe ser fuertemente vibrado por la máquina para que envuelva perfectamente las armaduras y rellene totalmente los moldes deslizantes.

Terminada esta fase, se cubre la pista con una lona para retener la humedad durante el proceso de endurecimiento y curado a corto plazo, hasta que se recoge cuando el hormigón haya alcanzado la resistencia requerida para la transferencia del pretensado en un periodo de 10 a 12

horas, en el caso de pistas calefactadas y de 36 a 48 horas, dependiendo de la temperatura ambiente, de los componentes del hormigón y de su dosificación, si no existe aportación exterior de calor)

A continuación se procede a destensar las armaduras; éstas, al quedar libres, tienden a acortarse, pero su adherencia con el hormigón se lo impide. Al impedir el acortamiento de las armaduras, el hormigón sufre una fuerte compresión. Se produce la transferencia al hormigón de la fuerza que habían recibido las armaduras y el hormigón queda pretensado.

A continuación se procede a cortar las placas según la medida del proyecto utilizando las máquinas cortadoras equipadas con un disco de diamante. Una vez cortadas y marcadas las placas se extraen y se trasladan al patio de acopio y expedición.

4.7. Ejemplos de Aplicación de placas o losas alveolares pretensadas.

Estas losas son muy innovadoras hoy en día, ya que la podemos utilizar en diferentes proyectos estructurales como edificios, estadios, hospitales, estacionamientos, naves industriales, almacenes, hospitales, escuelas, colegios, puentes, muros, pantallas de contención, etc.

En el siguiente esquema podemos observar como quedaron ubicadas las losas o placas alveolares en un edificio que corresponde a estacionamientos vehiculares.

Figura N° 27: Losas alveolares pretensadas usadas en estacionamientos



Fuente: http://www.weilerprecast.com/docs/Losas_Alveolares_FotosyEjemplos_GOF.pdf

Del mismo modo podemos apreciar la siguiente imagen, Figura N° 28 en la que se refleja la versatilidad y la amplia gama de utilización en diferentes proyectos estructurales como en este caso la construcción de estadios de pasos peatonales en estadio y de la misma forma la colocación de las gradas

Figura N°28: Losas alveolares pretensadas usadas en estadios en accesos peatonales o gradas.



Fuente: http://www.weilerprecast.com/docs/Losas_Alveolares_FotosyEjemplos_GOF.pdf

En esta imagen podemos apreciar que también podemos formar una especie de muros en forma de circunferencia para poder conseguir lo que podemos apreciar en la Fig. N° 29 como un reservorio o piscina ya sea par agua en plantas de tratamiento, o para agua potable.

Figura N°29: Losas alveolares pretensadas usadas depósitos de agua o piscinas



Fuente: http://www.weilerprecast.com/docs/Losas_Alveolares_FotosyEjemplos_GOF.pdf

En el siguiente esquema podemos observar la colocación de placas alveolares pretensadas como se puede apreciar en la Figura N°30 donde se están implementándolas en la construcción de un edificio para áreas comerciales.

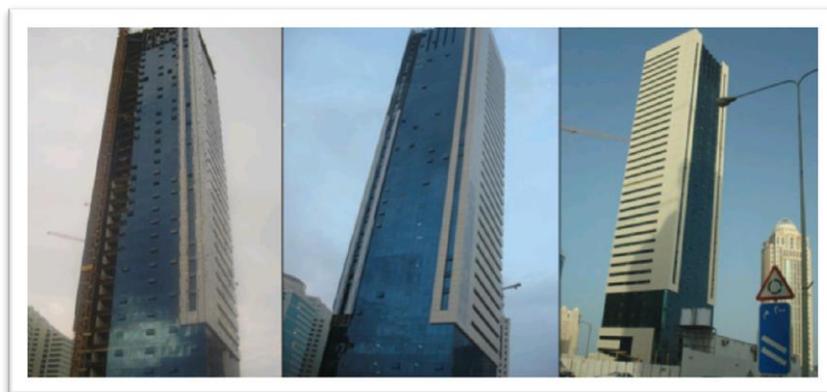
Figura N°30: Losas alveolares pretensadas usadas estructuras para departamentos comerciales,



Fuente: http://www.weilerprecast.com/docs/Losas_Alveolares_FotosyEjemplos_GOF.pdf

En la Figura N°31, podemos apreciar como quedo la obra finalizada de las Torres Al Jazeera, que se encuentra en Qatar, en este proyecto se utilizaron losas alveolares pretensadas con un espesor de 15cm con un área de 11.000m² y espesor de 26cm con un área de 680m².

*Figura N° 31: Losas alveolares pretensadas empeladas en la Torre Al Jazeera-Qatar
11.000m²- e: 15cm y 680m²- e: 26cm*



Fuente: http://www.weilerprecast.com/docs/Losas_Alveolares_FotosyEjemplos_GOF.pdf

En la Figura N°32, podemos apreciar como quedo la obra finalizada de las Residencias Burj que se encuentra en Dubái, en este proyecto se utilizaron losas alveolares pretensadas con un espesor de 15cm con un área de 11.000m² y espesor de 26cm con un área de 680m².

Figura N°32: Losas alveolares pretensadas empeladas en la resistencias Burj-Dubai-38.00m²-e: 22cm



Fuente: http://www.weilerprecast.com/docs/Losas_Alveolares_FotosyEjemplos_GOF.pdf

En la Figura N°33, podemos apreciar como quedo la obra finalizada de la Torre y Aparcamiento Al Salam Jazeera, que se encuentra en Qatar, en este proyecto se utilizaron losas alveolares pretensadas con un espesor de 26 cm con un área de 37.000m².

Figura N°33: Losas alveolares pretensadas utilizadas en la Torre y Aparcamiento Al Salam -37.00m²- e: 26cm



Fuente: http://www.weilerprecast.com/docs/Losas_Alveolares_FotosyEjemplos_GOF.pdf

CAPITULO V

5. Análisis y diseño de losas de hormigón armado vs losas alveolares pretensada.

Para realizar el análisis y diseños de las losas previo a esto debemos conocer las premisas que se deben tomar en cuenta, antes de realizar el trabajo de cálculo. Se deben considerar ciertos criterios o especificaciones para proceder a realizar el respectivo cálculo.

5.1. Deflexiones máximas.

Para determina las deflexiones admisibles que se calculan en las losas de hormigón armado en una dirección, se pueden determinar a través de las siguientes condiciones:

Tabla N°4: Deflexiones admisibles para losas de hormigón armado.

Tipos de Miembros	Condición		Deflexión considerada	Límite de deflexión.
Cubiertas planas	Que no soporten ni estén ligados a elementos no estructurales susceptibles de sufrir daños debido a las deflexiones grandes.		Deflexión inmediata debida a L_r , S y R	1/180
Entrepisos			Deflexión inmediata debida a L	1/360
Cubiertas o entrepisos	Soporten o están ligados a elementos no estructurales	Susceptibles de sufrir daños debido a deflexiones grandes.	La parte de la deflexión total que ocurre después de la unión de los elementos estructurales es decir la suma de las deflexión a largo plazo debido a todas las cargas permanentes , y la deflexión inmediata debida a cualquier carga viva adicional	1/480
		No susceptibles de sufrir daños debido a deflexiones grandes		1/240

Fuente: Capítulo 24- Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural (ACI 318SUS-14)

Además según las Normas Ecuatoriana de la Construcción (NEC) y el ACI especifican los peraltes o espesores mínimos de las losas de hormigón armado, para limitar las deflexiones a valores aceptables, siempre y cuando no se calculen las deflexiones.

Tabla N°5: Peraltes o alturas mínimas de losas (hmín)

Miembros	Peralte o altura mínima de la losa (hmín)			
	Libremente apoyados	Con un extremo continuo	Ambos extremos continuos	En voladizo
Losas macizas en una dirección	L/20	L/24	L/28	L/10
vigas o losas nervadas en una dirección	L/16	L/18,5	L/21	L/8

Fuente: Capítulo 7- Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural (ACI 318SUS-14)

Es válido indicar que esta tabla la podemos utilizar para losas bidireccionales sobre vigas de mayor espesor cuya relación $l_a / l_b > 2$, donde l_a es el lado más largo y l_b el lado más corto; es decir trabajan fundamentalmente en la dirección corta, arrojando resultados apropiados.

De la misma forma la NEC y el ACI, indican el peralte o espesor mínimo para las losas en dos direcciones, que no poseen vigas interiores y no se calculan deflexiones Donde L_n es el claro libre en la dirección corta en losas con vigas perimetrales descolgadas, y claro libre en la dirección larga en losas sin vigas o con vigas embebidas.

Tabla N°6: Tabla para calcular los $h_{mín}$ cuando no poseen vigas interiores no se calcula deflexiones.

Fy (Kg/cm ²)	Sin ábacos			Con ábaco		
	Paneles exteriores		Paneles interiores	Paneles exteriores		Paneles interiores
	Sin vigas de borde	Con vigas de borde		Sin vigas de borde	Con vigas de borde	
2800	Ln/33	Ln/36	Ln/36	Ln/36	Ln/40	Ln/40
4200	Ln/30	Ln/33	Ln/33	Ln/33	Ln/36	Ln/36
5200	Ln/28	Ln/31	Ln/31	Ln/31	Ln/34	Ln/34

Fuente: Capítulo 8- Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural (ACI 318SUS-14)

PLANO PARA REALIZAR EL DISEÑO DE LOSA NERVADA DE HORMIGÓN ARMADO



- **Paso N°1:** Seleccionamos una losa nervada tipo

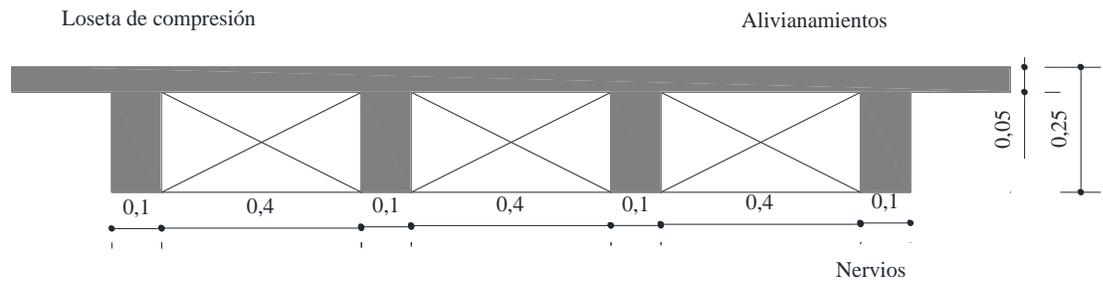
Para empezar a realizar el cálculo seleccionamos un espesor tentativo de losa de 25cm, para la planta tipo seleccionamos un loseta de compresión de 5cm, los nervios de 10cm de espesor y bloques de alivianamientos de bloque de hormigón de 40cmx20cmx20cm

Datos:

- $F_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$
- $F'_c = 280 \text{ Kg/cm}^2$

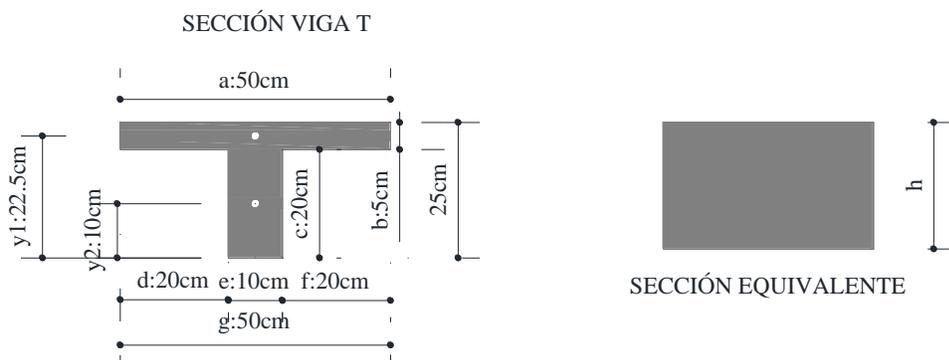
/

SECCIÓN DE LOSA PROPUESTA



- **Realizamos el control de deflexiones**

Para calcular el peralte de la losa nervada se determina la altura de una losa maciza que tenga igual inercia a la losa nervada propuesta.



DATOS DE LA SECCIONES	
a=	50 cm
b=	5 cm
c=	20 cm
d=	20 cm
e=	10 cm
y1	22,5 cm
y2	10 cm

- **Paso N°2:** Procedemos a calcular el área respectiva de la viga T propuesta, con la fórmula:

$$A=(a*b)+(c*e)$$

Dónde:

A= Área de la viga T y (a-b-c-e son dimensiones de la viga T)

$$A= (50\text{cm}*5\text{cm}) + (20\text{cm}*10\text{cm}) = 450 \text{ cm}^2$$

- **Paso N°3:** Luego se procedemos a calcular el momento que genera la viga T, con respecto a la base, mediante la fórmula:

$$M=[(a*b)*y1+(c*e)*y2]$$

Dónde:

M= Momento de la viga T y (a-b-c-e son dimensiones de la viga T)

$$M= [(50\text{cm}*5\text{cm})*22,5\text{cm}+ (20\text{cm}*10\text{cm})*10\text{cm}]= 7625\text{cm}^3$$

- **Paso N°4:** Procedemos a calcular la posición al centro de gravedad (cg) de la viga T

con respecto al alma

$$C_g = \frac{M}{A}$$

Dónde:

Cg= Centro de gravedad de la viga T

M= Momento de la viga T

A= Área de la viga T

$$C_g = 7625 \text{ cm}^3 / 450 \text{ cm}^2$$

- **Paso N°5:** Calculamos la inercia de acuerdo al Centro de gravedad (Cg).

$$I = a * b^3 / 12 + (a * b)(y_1 - c_g)^2 + c * e^3 / 12 + (c * e)(c_g - y_2)^2$$

Dónde:

I= Inercia de acuerdo al centro de gravedad y (a-b-c-e, son dimensiones de la viga T).

Cg: Centro de gravedad calculado.

$$I = 24548,61 \text{ cm}^4$$

Nota: La inercia de la viga de altura debe ser la misma que la inercia de la viga T. de tal forma que utilizamos la ecuación de la inercia para obtener el valor de la sección equivalente.

- **Paso N°6:** Calculamos el valor de la sección equivalente en donde la losa nervada actúa como losa maciza.

$$I = bh^3/12$$

Dónde:

I= Inercia de acuerdo al centro de gravedad y (a-b-c-e, son dimensiones de la viga T).

Cg: Centro de gravedad calculado.

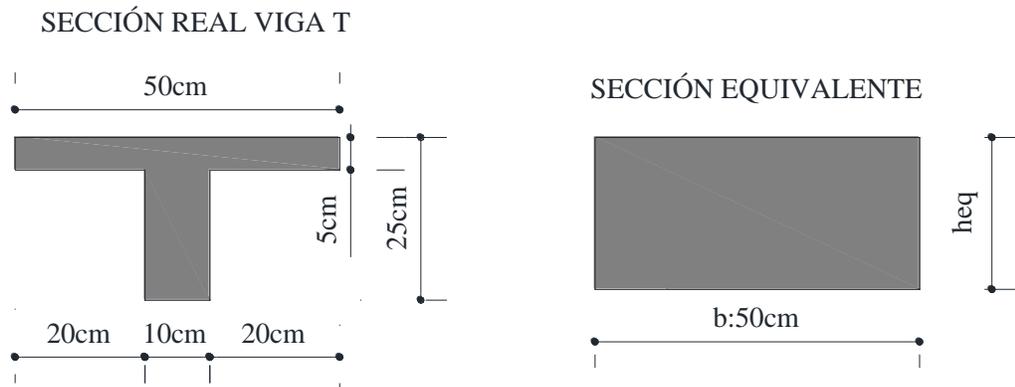
Luego despejamos el valor de la h (altura de la sección equivalente) y nos queda la fórmula siguiente:

$$\text{Hequivalente} = \sqrt[3]{12I/b}$$

Reemplazando valores nos queda de la siguiente forma:

$$\text{Hequivalente} = \sqrt[3]{12(24548,61)/50\text{cm}}$$

Hequivalente= 18,06 cm.



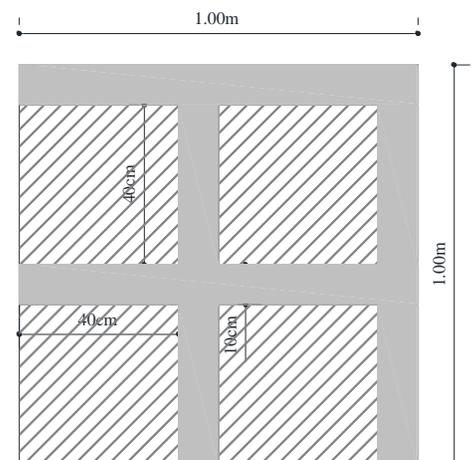
- **Determinación de las cargas de Diseño.**

Para asignar las cargas para nuestra losa tipo la realizaremos para 1m² de losa que se lo debe calcular y además sus sobrecargas. Previo al cálculo se debe tener en cuenta los pesos específicos del hormigón y del bloque de alivianamiento.

- γ del hormigón= 2400Kg/m²
- γ del hormigón para enlucido = 2200Kg/m²
- γ del bloque de alivianamiento = 12 Kg.
- $ec = 5\text{cm}$.
- $en = 10\text{cm}$
- $hn = 20\text{cm}$
- $em = 4\text{cm}$
- $ep = 2\text{cm}$

Dónde:

γ : Peso específico



w: peso

ec: espesor de la loseta de compresión.

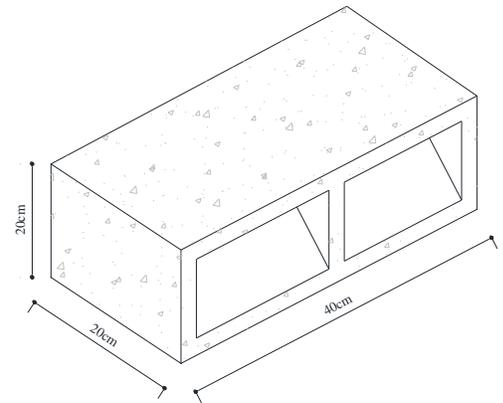
en: espesor de los nervios de la losa

hn: altura del nervio de la losa

em: espesor del masillado

ep= espesor del recubrimiento del piso

BLOQUE DE ALIVIANAMIENTO



- **Paso N°7** : Peso de la loseta de compresión; donde $ec=5\text{cm}$

Para calcular el peso de la loseta de compresión procedemos de la siguiente:

Peso de la loseta de compresión= $(1,00\text{m} \times 1,00\text{m} \times \text{espesor} \times \gamma)$

Peso de la loseta de compresión= $(1,00\text{m} \times 1,00\text{m} \times 0,05 \times 2400\text{kg/m}^2)$

Peso de la loseta de compresión: 120 Kg/m²

- **Paso N°8**: Peso de los nervios de la losa; donde $en= 10\text{cm}$ y $hn=20\text{cm}$

Peso de los nervios = $(4\text{nervios (x,y)} \times en \times hn \times 1,00\text{m} \times \gamma)$

Peso de los nervios = $(4\text{nervios (x,y)} \times en \times hn \times 1,00\text{m} \times \gamma)$

Peso de los nervios= $(4 \times 0,10\text{m} \times 0,20\text{m} \times 1,00\text{m} \times 2400\text{Kg/m}^2)$

Peso de los nervios =192 Kg/m²

- **Paso N°9:** Peso de los bloques de alivianamiento.

Peso de los bloques de alivianamiento= (8unidades * γ del bloque)

Peso de los bloques de alivianamiento= (8* 12kg)

Peso de los bloques de alivianamiento= 96Kg/m²

- **Paso N°10:** Peso propio de la losa.

Peso propio de la losa= (w loseta de compresión+w nervios+ w alivianamientos)

Peso propio de la losa= 120Kg/m²+192 Kg/m²+96Kg/m²

Peso propio de la losa = 408 Kg/m²

- **Calculo de sobrecargas y cargas permanentes.**

Para realizar los cálculos de las sobrecargas y cargas permanentes debemos tener en cuenta el enlucido y masillado y además el peso de la mampostería que hay que añadirle si necesario.

- **Paso N°11:** Determinación del peso del enlucido. ; Donde em=4cm

Peso de enlucido y masillado= (1.00m*1.00m*em* γ hormigón enlucido)

Peso de enlucido y masillado= (1,00m*1,00m*0.04m*2200 Kg/m²)

Peso de enlucido y masillado= 88 Kg/m² (w de enlucido)

- **Paso N°12:** Peso del recubrimiento del piso, Donde $e_p = 2\text{cm}$

Peso de recubrimiento de piso = $(1.00\text{m} \times 1.00\text{m} \times e_p \times \gamma \text{ hormigón recubr de piso})$

Peso de recubrimiento de piso = $(1,00\text{m} \times 1,00\text{m} \times 0,02\text{m} \times 2200 \text{ Kg/m}^2)$

Peso de recubrimiento de piso = 44 Kg/m² (w recubrimiento)

- **Paso N°13:** Peso de mampostería

El peso de la mampostería es un valor para un metro cuadrado.

Peso de mampostería = 200 Kg/m² (w mampostería)

- **Paso N°14: Peso de la losa con cargas permanentes y sobrecargas.**

Peso de la losa sobrecargas y cargas permanentes = (w

enlucido + w recubrimiento + w mampostería)

$$(88 \text{ Kg/m}^2 + 44 \text{ Kg/m}^2 + 220 \text{ Kg/m}^2) = \mathbf{332 \text{ Kg/m}^2}$$

- **Paso N°15:** Calculo de la carga muerta de la losa

Para determinar la carga muerta a la que está sometida una sección de la losa de

hormigón armado, procedemos a realizar la sumatoria del peso propio más las

sobrecargas y cargas permanentes, es decir:

Carga muerta de la losa= w propio de la losa + w de las cargas y sobrecargas.

Carga muerta de la losa= $408 \text{ Kg/m}^2 + 332 \text{ Kg/m}^2$

Carga muerta de la losa= 740 Kg/m^2

- **Paso N°16:** Calculo de la carga viva

Para determinar la carga viva le añadimos un valor aproximado.

Carga viva de la losa= 350 Kg/m^2

- **Paso N°17:** Calculo de la carga de diseño; ecuación (3.1b) Tabla N°3

Carga de Diseño= $1,2D + 1,6L$

Carga de Diseño= $1,2(740 \text{ Kg/m}^2) + 1,6(350 \text{ Kg/m}^2)$

Carga de Diseño= 1288 Kg/m^2

- **Paso N°18:** Calculo de las carga de diseño para la cubierta.

Carga muerta= 540 Kg/m^2 (excluyendo mampostería)

Carga viva= 150 Kg/m^2

Carga última de Diseño $U = 1,2D + 1,6L$

Carga ultima de Diseño $U = 1,2(540 \text{ Kg/m}^2 + 150 \text{ Kg/m}^2) = 888 \text{ Kg/m}^2$

- **Paso N°19:** Análisis de paños de losas.

La ecuación que define el peralte mínimo equivalente de la losa nervada si αm es menor que 2 y mayor que 0,2; se aplicará la siguiente fórmula:

$$H_{min} = \frac{\text{Ln}(800 + 0,0172F_y)}{36000 + 5000\beta(\alpha m - 0,2)} \quad (\text{Tabla 8- ACI-318-14})$$

Si αm es mayor que 2, se utilizará la siguiente fórmula.

$$H_{min} = \frac{\text{Ln}(800 + 0,0172F_y)}{36000 + 9000\beta} \quad (\text{Tabla 8- ACI-318-14})$$

Para el análisis de los paños se debe tomar realizar el cálculo de las deformaciones para los cuatro apoyos de cada paño especialmente los que tiene luces mayores. Se realizan cortes de los ejes tanto en el sentido x, como en el sentido y para así calcular las deformaciones que sufre cada paño y posteriormente determinaremos el espesor de la losa. Se compara las deformaciones y los espesores que determinaremos mediante el cálculo y se tomará un solo espesor para la losa.

Para el cálculo debemos tomar en cuenta la inercia y la sección de las vigas y losas.

$\propto m = \text{deformación}$

$I_{\text{viga}} = \text{Inercia de la viga}$

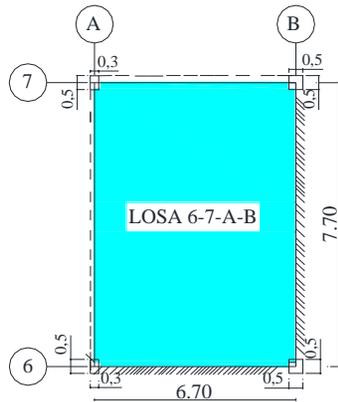
$I_{\text{losa}} = \text{Inercia de la losa}$

Dónde:

$I = bh^3/12$ (ecuación de la inercia) (b y h secciones de la viga o losa)

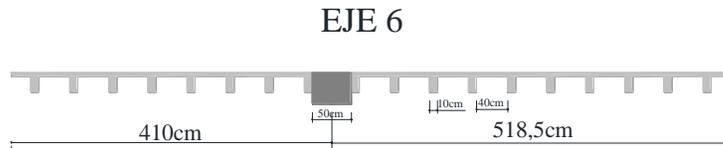
$\propto m = I_{\text{viga}}/I_{\text{losa}}$ (deformación)

Paño N°1:



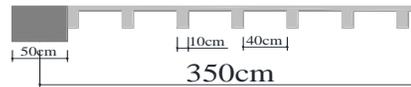
Ln= Lado más largo

Ln= 7,70m



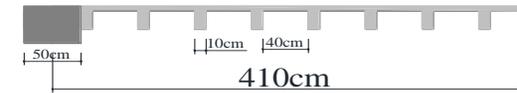
Iviga=	112500 cm4
Ilosa=	430989 cm4
$\alpha 6 =$	0,26

EJE A



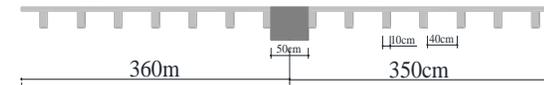
Iviga=	112500 cm4
Ilosa=	159535 cm4
$\alpha A =$	0,71

EJE 7



Iviga=	112500 cm4
Ilosa=	188987 cm4
$\alpha 7 =$	0,60

EJE B



Iviga=	520833 cm4
Ilosa=	323978 cm4
$\alpha B =$	1,61

Determinamos la deformación

$$\alpha m = \alpha 6 + \alpha 7 + \alpha A + \alpha B$$

$$\alpha m = 0,26 + 0,60 + 0,71 + 1,61$$

$$\alpha m = 0,80$$

Luego calculamos la altura mínima de losa

A través de la siguiente fórmula:

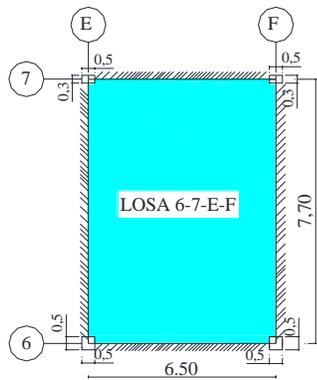
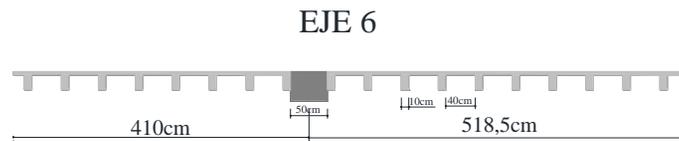
$$H_{min} = \frac{Ln(800 + 0,0172F_y)}{36000 + 5000\beta(\alpha m - 0,2)}$$

Hmín=15,63 cm; adoptamos 20cm

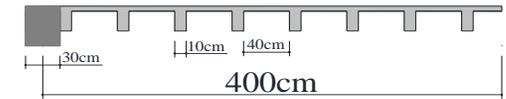
Hmín= 20cm

$\beta =$ claro largo/claro corto

$\beta=1,15$

Paño N°2:**Ln=7,70 m**

Iviga=	520833 cm4
Ilosa=	431235 cm4
$\alpha 6 =$	1,21

EJE 7

Iviga=	312500 cm4
Ilosa=	188987 cm4
$\alpha 7 =$	1,65

Determinamos la deformación

$$\alpha m = \alpha 6 + \alpha 7 + \alpha E + \alpha F$$

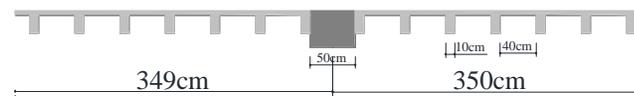
$$\alpha m = 1,21 + 1,65 + \alpha 0,35 + \alpha 0,36$$

$$\alpha m = 0,89$$

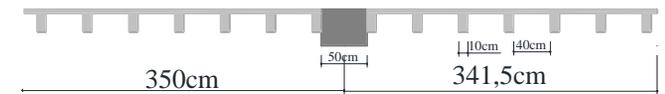
Luego calculamos la altura mínima de losa

A través de la siguiente fórmula:

$$H_{min} = \frac{Ln(800 + 0,0172F_y)}{36000 + 5000\beta(\alpha m - 0,2)}$$

Hmín= 15,37 cm; adoptamos 20cm**Hmín= 20cm****EJE E**

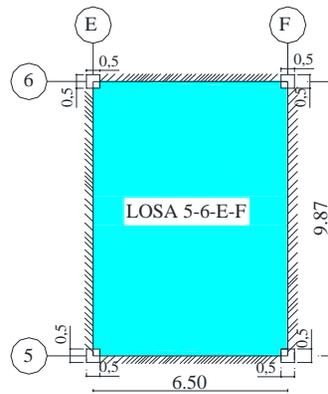
Iviga=	112500 cm4
Ilosa=	318579 cm4
$\alpha E =$	0,35

EJE F

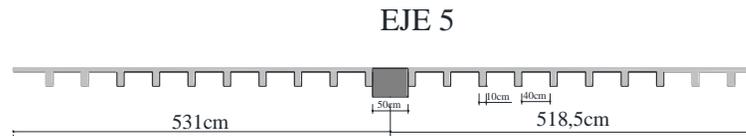
Iviga=	112500 cm4
Ilosa=	314897 cm4
$\alpha F =$	0,36

 $\beta = \text{claro largo} / \text{claro}$ **$\beta = 1,18$**

Paño N°3:

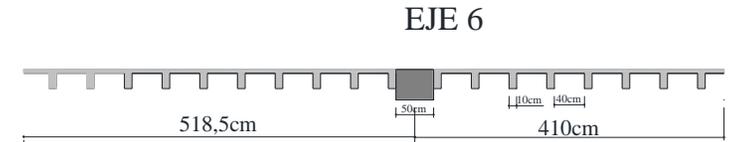


Ln=9,87 m



.Iviga=	520833,3333 cm4
.Ilosa=	490631 cm4
α 5 =	1,06

EJE E



.Iviga=	520833 cm4
.Ilosa=	318579 cm4
α E =	1,63

EJE F

Determinamos la deformación

$$\alpha m = \alpha 5 + \alpha 6 + \alpha E + \alpha F$$

$$\alpha m = 1,06 + 1,63 + \alpha 0,21 + \alpha 0,36$$

$$\alpha m = 1,07$$

Luego calculamos la altura mínima de losa

A través de la siguiente fórmula:

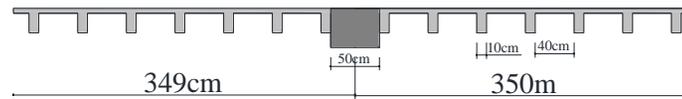
$$H_{min} = \frac{Ln(800 + 0,0172Fy)}{36000 + 5000\beta(\alpha m - 0,2)}$$

Hmín= 18,55 cm; adoptamos 20cm

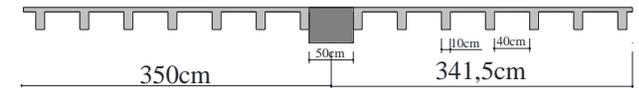
Hmín= 20cm

β = claro largo/claro

β =1,52

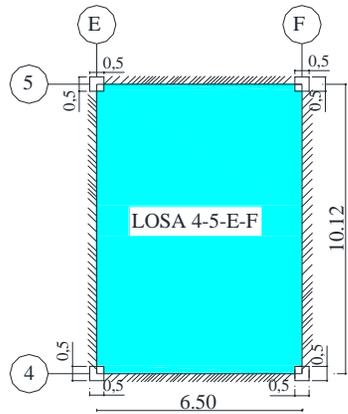


.Iviga=	520833 cm4
.Ilosa=	431235 cm4
α 6 =	1,21



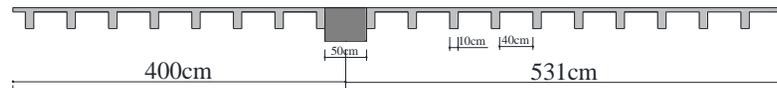
Iviga=	112500 cm4
.Ilosa=	314897 cm4
α F =	0,36

Paño N° 4:



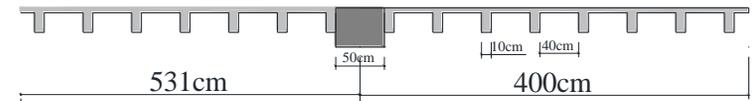
Ln=10,12 m

EJE 4



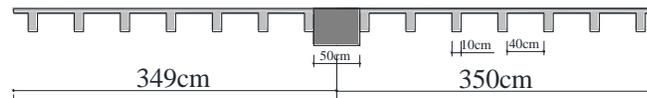
Iviga=	520833 cm4
Ilosa=	432462 cm4
$\alpha 4 =$	1,20

EJE 5



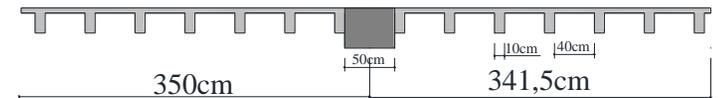
Iviga=	520833 cm4
Ilosa=	432462 cm4
$\alpha 5 =$	1,20

EJE E



Iviga=	520833 cm4
Ilosa=	318579 cm4
$\alpha E =$	1,63

EJE F



Iviga=	112500 cm4
Ilosa=	314897 cm4
$\alpha F =$	0,36

Determinamos la deformación

$$\alpha m = \alpha 4 + \alpha 5 + \alpha E + \alpha F$$

$$\alpha m = 1,02 + 1,20 + \alpha 1,63 + \alpha 0,36$$

$$\alpha m = 1,10$$

Luego calculamos la altura mínima de losa

A través de la siguiente fórmula:

$$H_{min} = \frac{Ln(800 + 0,0172Fy)}{36000 + 5000\beta(\alpha m - 0,2)}$$

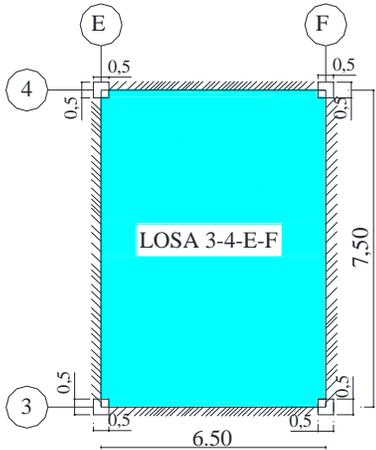
Hmín= 18,83 cm; adoptamos 20cm

Hmín= 20cm

$\beta =$ claro largo/claro

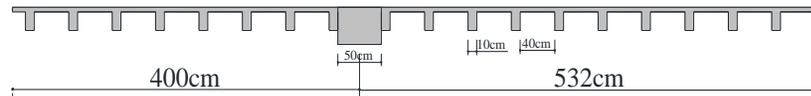
$\beta=1,56$

Paño N° 5:



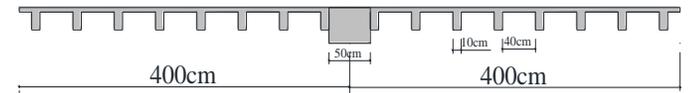
Ln= 7,50 m

EJE 3



Iviga=	520833 cm4
Ilosa=	432953 cm4
α 3 =	1,20

EJE 4



Iviga=	520833 cm4
Ilosa=	368157 cm4
α 4 =	1,41

Determinamos la deformación

$$\alpha m = \alpha 3 + \alpha 4 + \alpha E + \alpha F$$

$$\alpha m = 1,02 + 1,41 + \alpha 1,63 + \alpha 0,36$$

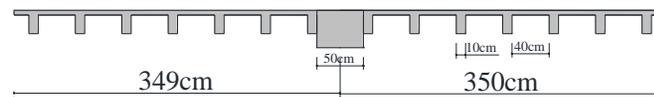
$$\alpha m = 1,15$$

Luego calculamos la altura mínima de losa

A través de la siguiente fórmula:

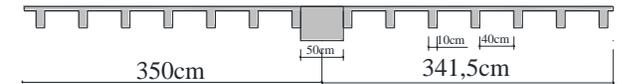
$$H_{min} = \frac{Ln(800 + 0,0172Fy)}{36000 + 5000\beta(\alpha m - 0,2)}$$

EJE E



Iviga=	520833 cm4
Ilosa=	318579 cm4
α E =	1,63

EJE F



Iviga=	112500 cm4
Ilosa=	314897 cm4
α F =	0,36

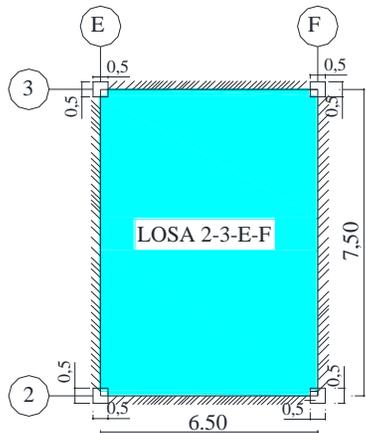
Hmín= 14,47 cm; adoptamos 20cm

Hmín= 20cm

$\beta =$ claro largo/claro

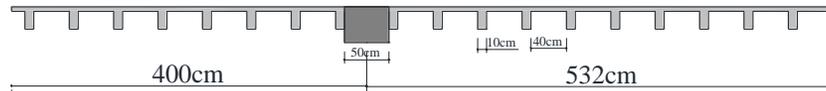
β=1,15

Paño N° 6:



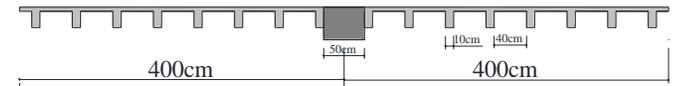
Ln=7,50 m

EJE 2



Iviga=	520833 cm4
Ilosa=	368157 cm4
$\alpha 3 =$	1,41

EJE 3



Iviga=	520833,3333 cm4
Ilosa=	432953 cm4
$\alpha 2 =$	1,20

Determinamos la deformación

$$\alpha m = \alpha 2 + \alpha 3 + \alpha E + \alpha F$$

$$\alpha m = 1,41 + 1,20 + \alpha 1,63 + \alpha 0,36$$

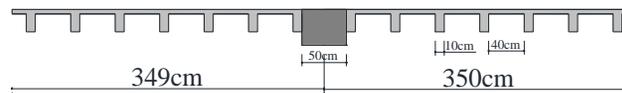
$$\alpha m = 1,15$$

Luego calculamos la altura mínima de losa

A través de la siguiente fórmula:

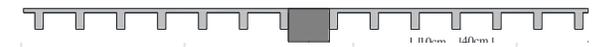
$$H_{min} = \frac{Ln(800 + 0,0172Fy)}{36000 + 5000\beta(\alpha m - 0,2)}$$

EJE E



Iviga=	520833 cm4
Ilosa=	318579 cm4
$\alpha E =$	1,63

EJE F



Iviga=	112500 cm4
Ilosa=	314897 cm4
$\alpha F =$	0,36

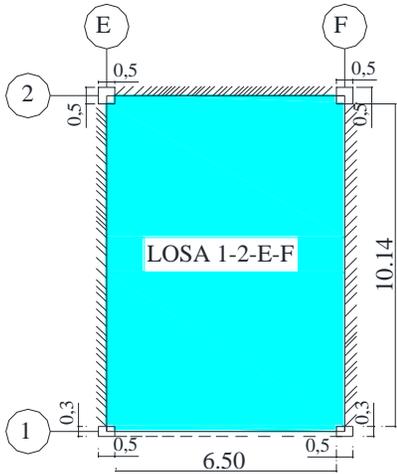
Hmín= 14,47 cm; adoptamos 20cm

Hmín= 20cm

$\beta =$ claro largo/claro

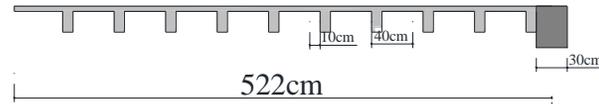
$\beta=1,15$

Paño N°7:



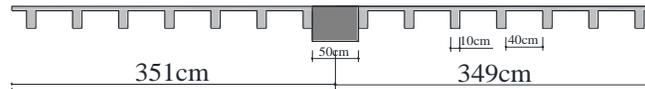
Ln=10,14 m

EJE 1



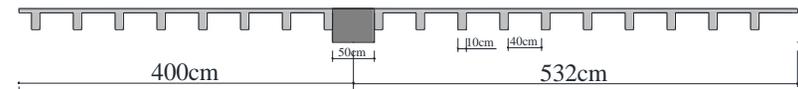
Iviga=	312500 cm4
Ilosa=	231694 cm4
$\alpha 1 =$	1,35

EJE E



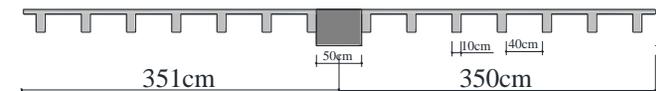
Iviga=	520833 cm4
Ilosa=	319070 cm4
$\alpha E =$	1,63

EJE 2



Iviga=	312500 cm4
Ilosa=	432953 cm4
$\alpha 2 =$	0,72

EJE F



Iviga=	520833 cm4
Ilosa=	319560 cm4
$\alpha F =$	1,63

Determinamos la deformación

$$\alpha m = \alpha 1 + \alpha 2 + \alpha E + \alpha F$$

$$\alpha m = 1,41 + 1,20 + \alpha 1,63 + \alpha 0,36$$

$$\alpha m = 1,33$$

Luego calculamos la altura mínima de losa

A través de la siguiente fórmula:

$$H_{min} = \frac{Ln(800 + 0,0172F_y)}{36000 + 5000\beta(\alpha m - 0,2)}$$

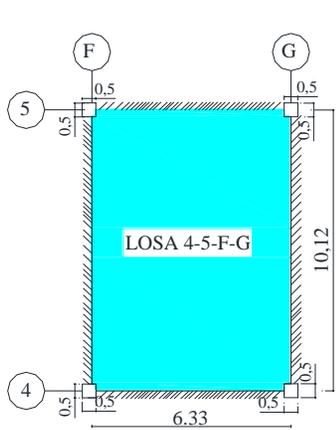
Hmín= 18,09 cm; adoptamos 20cm

Hmín= 20cm

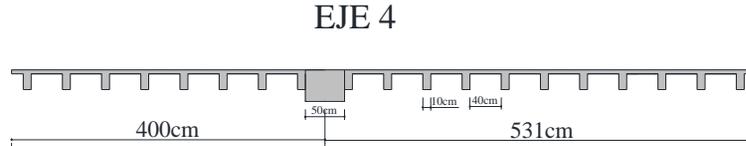
$\beta =$ claro largo/claro

$\beta=1,56$

Paño N°8:

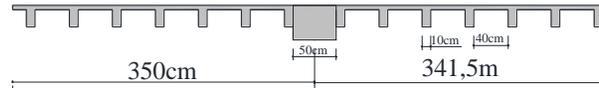


Ln= 10,12 m

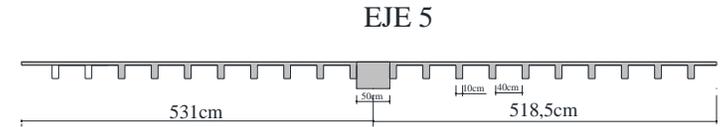


Iviga=	520833 cm4
Ilosa=	432462 cm4
α 4 =	1,20

EJE F

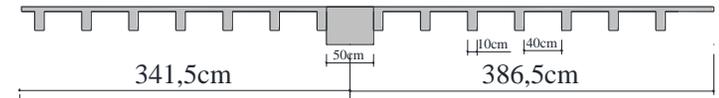


Iviga=	520833 cm4
Ilosa=	314897 cm4
α F =	1,65



Iviga=	520833 cm4
Ilosa=	490631 cm4
α 5 =	1,06

EJE G



Eviga.Iviga=	520833 cm4
Elosa.Ilosa=	332814 cm4
α G =	1,56

Determinamos la deformación

$$\alpha m = \alpha 4 + \alpha 5 + \alpha F + \alpha G$$

$$\alpha m = 1,20 + 1,06 + \alpha 1,65 + \alpha 1,56$$

$$\alpha m = 1,37$$

Luego calculamos la altura mínima de losa

A través de la siguiente fórmula:

$$H_{min} = \frac{Ln(800 + 0,0172F_y)}{36000 + 5000\beta(\alpha m - 0,2)}$$

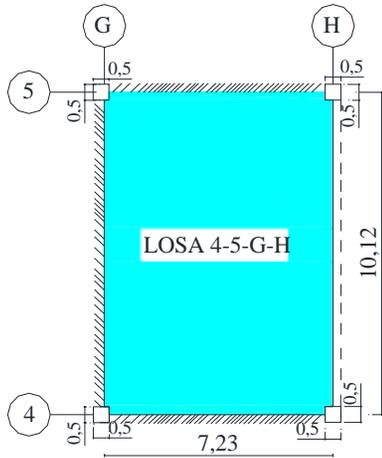
Hmín= 17,86 cm; adoptamos 20cm

Hmín= 20cm

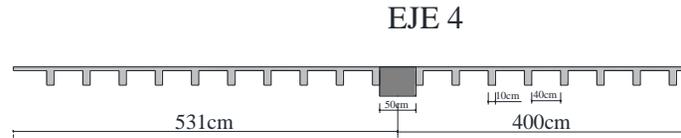
$\beta = \text{claro largo/claro}$

β=1,60

Paño N° 9:

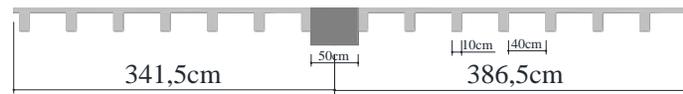


Ln=10,12 m



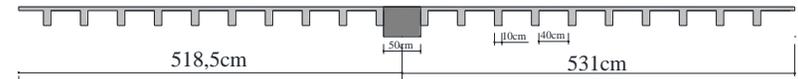
Iviga=	520833 cm4
Ilosa=	432462 cm4
$\alpha 4 =$	1,20

EJE G



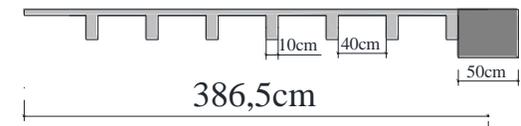
Iviga=	520833 cm4
Ilosa=	332814 cm4
$\alpha G =$	1,56

EJE 5



Iviga=	520833 cm4
Ilosa=	490631 cm4
$\alpha 5 =$	1,06

EJE H



Iviga=	520833 cm4
Ilosa=	177452 cm4
$\alpha H =$	2,94

Determinamos la deformación

$$\alpha m = \alpha 4 + \alpha 5 + \alpha F + \alpha G$$

$$\alpha m = 1,20 + 1,06 + \alpha 1,56 + \alpha 2,94$$

$$\alpha m = 1,69$$

Luego calculamos la altura mínima de losa

A través de la siguiente fórmula:

$$H_{min} = \frac{Ln(800 + 0,0172F_y)}{36000 + 5000\beta(\alpha m - 0,2)}$$

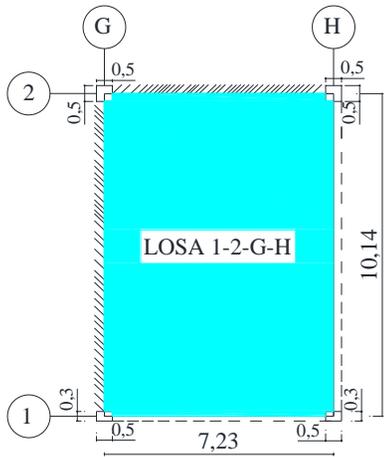
Hmín= 17,44 cm; adoptamos 20cm

Hmín= 20cm

$\beta =$ claro largo/claro

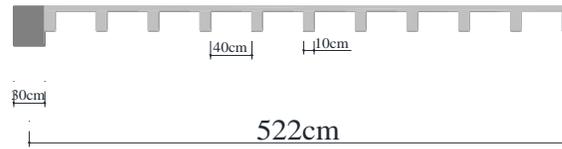
$\beta=1,40$

Paño N°10:



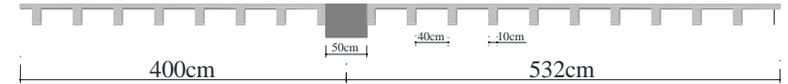
Ln=10,14m

EJE 1



Iviga=	312500 cm4
Ilosa=	248874 cm4
$\alpha 1 =$	1,26

EJE 2



Iviga=	520833 cm4
Ilosa=	432953 cm4
$\alpha 2 =$	1,20

Determinamos la deformación

$$\alpha m = \alpha 1 + \alpha 2 + \alpha G + \alpha H$$

$$\alpha m = 1,26 + 1,20 + \alpha 0,63 + \alpha 1,56$$

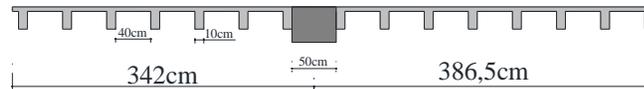
$$\alpha m = 1,16$$

Luego calculamos la altura mínima de losa

A través de la siguiente fórmula:

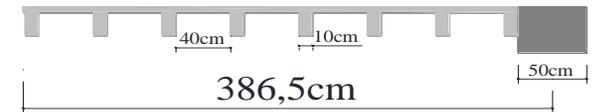
$$H_{min} = \frac{Ln(800 + 0,0172F_y)}{36000 + 5000\beta(\alpha m - 0,2)}$$

EJE G



Iviga=	112500 cm4
Ilosa=	177452 cm4
$\alpha H =$	0,63

EJE H



Iviga=	520833 cm4
Ilosa=	333060 cm4
$\alpha G =$	1,56

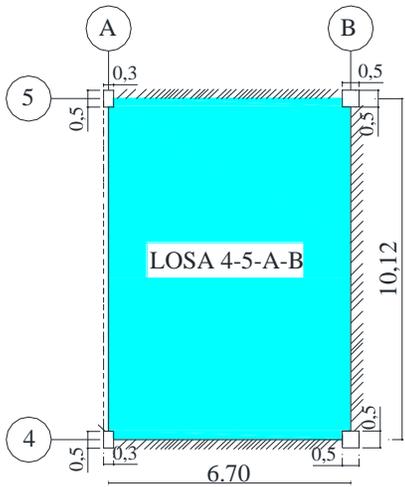
Hmín= 20,69 cm; adoptamos 20cm

Hmín= 20cm

$\beta =$ claro largo/claro

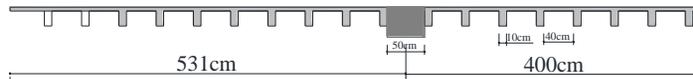
$\beta=1,40$

Paño N°11:



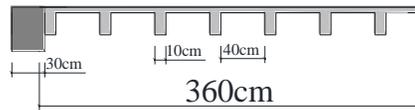
Ln= 10,12 m

EJE 4



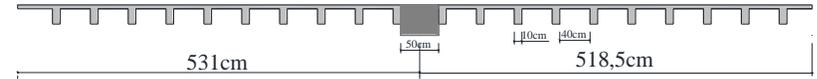
Iviga=	112500 cm4
Ilosa=	432462 cm4
$\alpha 4 =$	0,26

EJE A



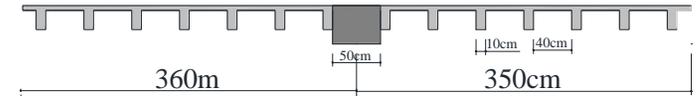
Iviga=	312500 cm4
Ilosa=	169352 cm4
$\alpha A =$	1,85

EJE 5



Iviga=	112500 cm4
Ilosa=	490631 cm4
$\alpha 5 =$	0,23

EJE B



Iviga=	520833 cm4
Ilosa=	323978 cm4
$\alpha B =$	1,61

Determinamos la deformación

$$\alpha m = \alpha 4 + \alpha 5 + \alpha A + \alpha B$$

$$\alpha m = 0,26 + 0,23 + \alpha 1,85 + \alpha 1,61$$

$$\alpha m = 0,99$$

Luego calculamos la altura mínima de losa

A través de la siguiente fórmula:

$$H_{min} = \frac{Ln(800 + 0,0172F_y)}{36000 + 5000\beta(\alpha m - 0,2)}$$

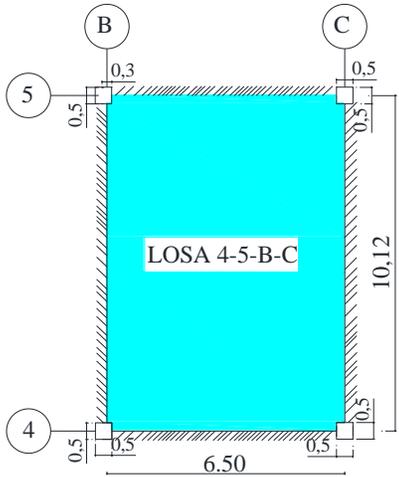
Hmín= 19,30 cm; adoptamos 20cm

Hmín= 20cm

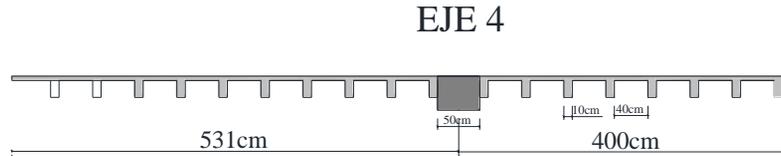
$\beta =$ claro largo/claro

$\beta = 1,51$

Paño N°12:

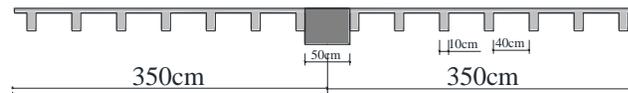


Ln=10,12 m



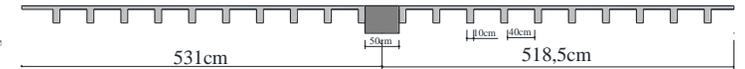
Iviga=	520833 cm4
Ilosa=	432462 cm4
$\alpha 4 =$	1,20

EJE C



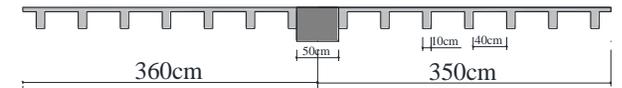
Iviga=	520833 cm4
Ilosa=	319070 cm4
$\alpha C =$	1,63

EJE 5



Iviga=	520833 cm4
Ilosa=	490631 cm4
$\alpha 5 =$	1,06

EJE B



Iviga=	520833 cm4
Ilosa=	336250 cm4
$\alpha B =$	1,55

Determinamos la deformación

$$\alpha m = \alpha 4 + \alpha 5 + \alpha B + \alpha C$$

$$\alpha m = 1,20 + 1,06 + \alpha 1,55 + \alpha 1,63$$

$$\alpha m = 1,36$$

Luego calculamos la altura mínima de losa

A través de la siguiente fórmula:

$$H_{min} = \frac{Ln(800 + 0,0172F_y)}{36000 + 5000\beta(\alpha m - 0,2)}$$

Hmín= 17,97 cm; adoptamos 20cm

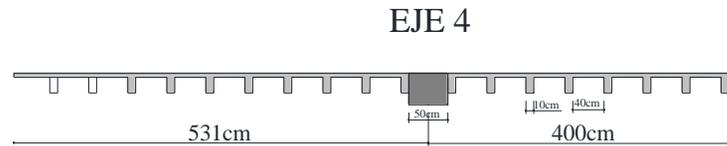
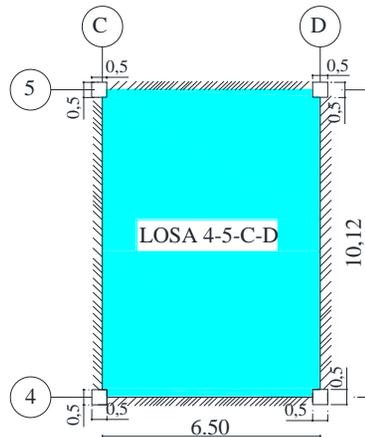
Hmín= 20cm

$\beta =$ claro largo/claro

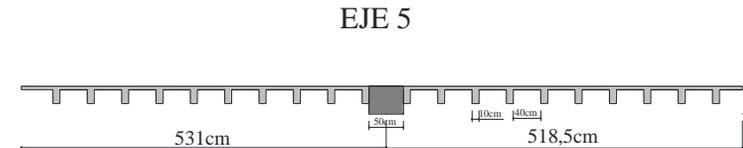
$\beta=1,56$

Paño N° 13:

Ln= 10,12 m



Iviga=	520833 cm4
Ilosa=	432462 cm4
α 4 =	1,20



Iviga=	520833 cm4
Ilosa=	490631 cm4
α 5 =	1,06

Determinamos la deformación

$$\alpha m = \alpha 4 + \alpha 5 + \alpha C + \alpha D$$

$$\alpha m = 1,20 + 1,06 + \alpha 1,63 + \alpha 1,63$$

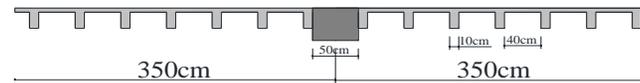
$$\alpha m = 1,38$$

Luego calculamos la altura mínima de losa

A través de la siguiente fórmula:

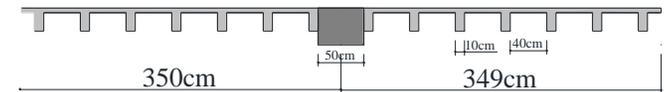
$$H_{min} = \frac{Ln(800 + 0,0172F_y)}{36000 + 5000\beta(\alpha m - 0,2)}$$

EJE C



Iviga=	520833 cm4
Ilosa=	319070 cm4
α C =	1,63

EJE D



Iviga=	520833 cm4
Ilosa=	318579 cm4
α D =	1,63

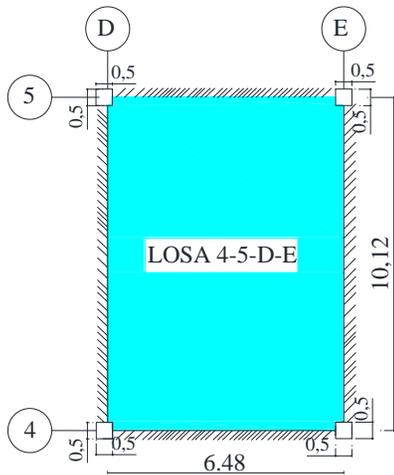
Hmín= 17,91 cm; adoptamos 20cm

Hmín= 20cm

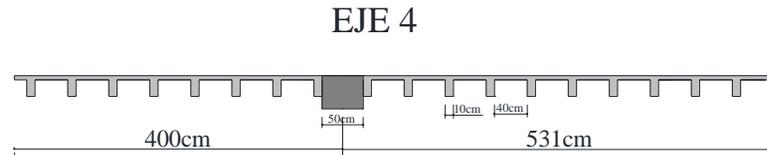
β= claro largo/claro

β=1,56

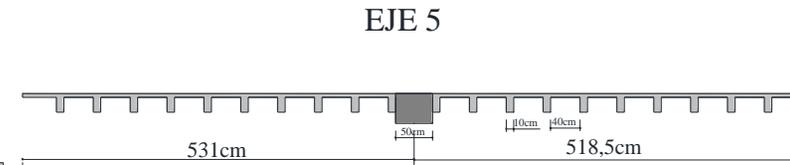
Paño N°14:



Ln= 10,12 m



Iviga=	520833 cm4
Ilosa=	432462 cm4
α 4 =	1,20



Iviga=	520833 cm4
Ilosa=	490631 cm4
α 5 =	1,06

Determinamos la deformación

$$\alpha m = \alpha 4 + \alpha 5 + \alpha D + \alpha E$$

$$\alpha m = 1,20 + 1,06 + \alpha 1,63 + \alpha 1,63$$

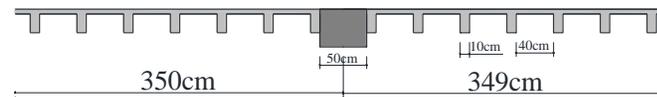
$$\alpha m = 1,38$$

Luego calculamos la altura mínima de losa

A través de la siguiente fórmula:

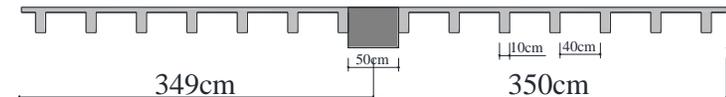
$$H_{min} = \frac{Ln(800 + 0,0172F_y)}{36000 + 5000\beta(\alpha m - 0,2)}$$

EJE D



Iviga=	520833 cm4
Ilosa=	318579 cm4
α E =	1,63

EJE E



Iviga=	520833 cm4
Ilosa=	318579 cm4
α E =	1,63

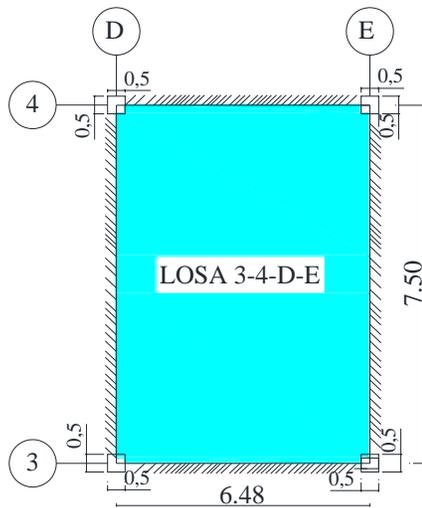
Hmín= 17,91 cm; adoptamos 20cm

Hmín= 20cm

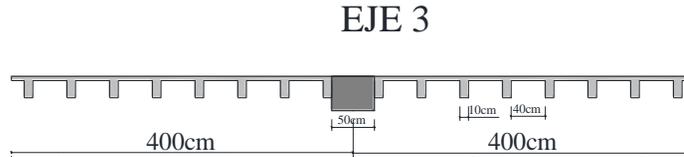
β= claro largo/claro

β=1,56

Paño N°15:

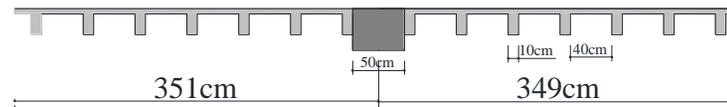


Ln=7,50 m



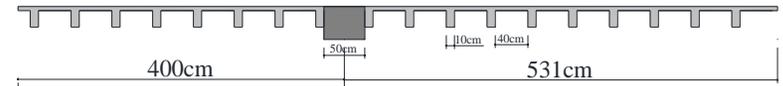
Iviga=	520833 cm4
Ilosa=	368157 cm4
$\alpha 3 =$	1,41

EJE D



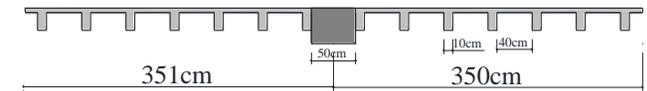
Iviga=	520833 cm4
Ilosa=	319070 cm4
$\alpha D =$	1,63

EJE 4



Iviga=	520833 cm4
Ilosa=	432462 cm4
$\alpha 4 =$	1,20

EJE E



Iviga=	520833 cm4
Ilosa=	319560 cm4
$\alpha E =$	1,63

Determinamos la deformación

$$\alpha m = \alpha 3 + \alpha 4 + \alpha D + \alpha E$$

$$\alpha m = 1,41 + 1,20 + \alpha 1,63 + \alpha 1,63$$

$$\alpha m = 1,47$$

Luego calculamos la altura mínima de losa

A través de la siguiente fórmula:

$$H_{min} = \frac{Ln(800 + 0,0172F_y)}{36000 + 5000\beta(\alpha m - 0,2)}$$

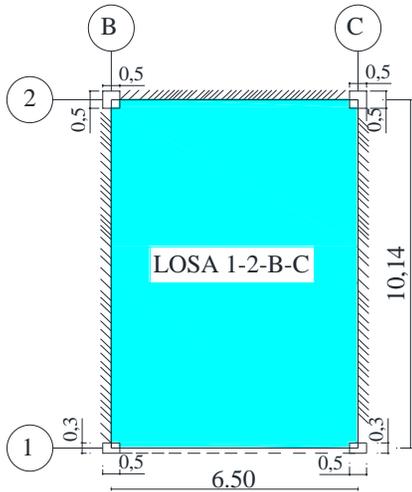
Hmín= 13,84 cm; adoptamos 20cm

Hmín= 20cm

$\beta =$ claro largo/claro

$\beta=1,16$

Paño N°16:



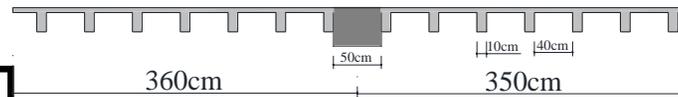
Ln=10,14 m

EJE 1



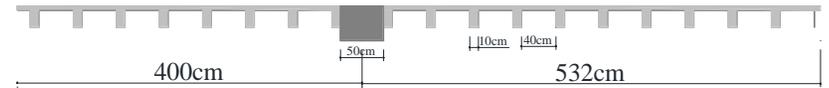
Iviga=	312500 cm4
Ilosa=	159535 cm4
$\alpha 1 =$	1,96

EJE B



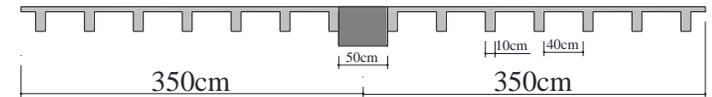
Iviga=	520833 cm4
Ilosa=	323978 cm4
$\alpha D =$	1,61

EJE 2



Iviga=	520833 cm4
Ilosa=	432953 cm4
$\alpha 2 =$	1,20

EJE C



Iviga=	520833 cm4
Ilosa=	319070 cm4
$\alpha E =$	1,63

Determinamos la deformación

$$\alpha m = \alpha 3 + \alpha 4 + \alpha D + \alpha E$$

$$\alpha m = 1,41 + 1,20 + \alpha 1,63 + \alpha 1,63$$

$$\alpha m = 1,60$$

Luego calculamos la altura mínima de losa

A través de la siguiente fórmula:

$$H_{min} = \frac{Ln(800 + 0,0172F_y)}{36000 + 5000\beta(\alpha m - 0,2)}$$

Hmín= 17,29 cm; adoptamos 20cm

Hmín= 20cm

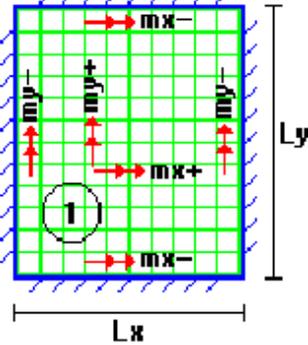
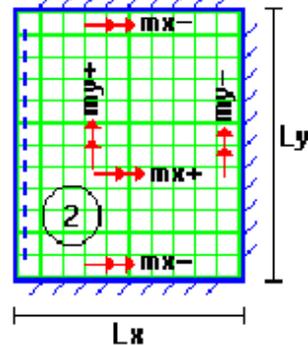
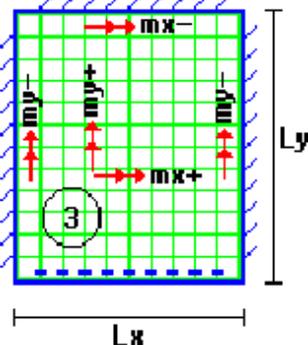
$\beta =$ claro largo/claro

$\beta=1,5$

- **Paso N° 19:** Cálculo de los momentos antes del diseño.

Utilizaremos las tablas para el diseño de losas nervadas rectangulares apoyadas perimetralmente, sometidas a cargas distribuidas uniforme.

Tabla n°7: Tabla para el diseño de losas nervadas rectangulares apoyadas perimetralmente, sometidas a cargas distribuidas uniforme.

Losa	Fórmula	Coef.	Lx / Ly					
			1.00	0.90	0.80	0.70	0.60	0.50
	$D = 0.0001 d \cdot L_x^2 / (E \cdot h^3)$ $M_{y-} = 0.0001 q \cdot m_{y-} \cdot L_x^2$ $M_{y+} = 0.0001 q \cdot m_{y+} \cdot L_x^2$ $M_{x-} = 0.0001 q \cdot m_{x-} \cdot L_x^2$ $M_{x+} = 0.0001 q \cdot m_{x+} \cdot L_x^2$	d m_{y-} m_{y+} m_{x-} m_{x+}	200	241	281	315	336	339
	$D = 0.0001 d \cdot L_x^2 / (E \cdot h^3)$ $M_{y-} = 0.0001 q \cdot m_{y-} \cdot L_x^2$ $M_{y+} = 0.0001 q \cdot m_{y+} \cdot L_x^2$ $M_{x-} = 0.0001 q \cdot m_{x-} \cdot L_x^2$ $M_{x+} = 0.0001 q \cdot m_{x+} \cdot L_x^2$	d m_{y-} m_{y+} m_{x-} m_{x+}	265	347	443	545	635	691
	$D = 0.0001 d \cdot L_x^2 / (E \cdot h^3)$ $M_{y-} = 0.0001 q \cdot m_{y-} \cdot L_x^2$ $M_{y+} = 0.0001 q \cdot m_{y+} \cdot L_x^2$ $M_{x-} = 0.0001 q \cdot m_{x-} \cdot L_x^2$ $M_{x+} = 0.0001 q \cdot m_{x+} \cdot L_x^2$	d m_{y-} m_{y+} m_{x-} m_{x+}	265	297	322	339	345	339

	$D = 0.0001 d \cdot L_x^2 / (E \cdot h^3)$ $M_{y+} = 0.0001 q \cdot m_{y+} \cdot L_x^2$ $M_{x-} = 0.0001 q \cdot m_{x-} \cdot L_x^2$ $M_{x+} = 0.0001 q \cdot m_{x+} \cdot L_x^2$	d m_{y+} m_{x-} m_{x+}	323 231 853 440	456 340 985 498	644 496 111 9 547	894 705 1232 566	1191 952 1288 525	1479 1191 1268 400
	$D = 0.0001 d \cdot L_x^2 / (E \cdot h^3)$ $M_{y-} = 0.0001 q \cdot m_{y-} \cdot L_x^2$ $M_{y+} = 0.0001 q \cdot m_{y+} \cdot L_x^2$ $M_{x+} = 0.0001 q \cdot m_{x+} \cdot L_x^2$	d m_{y-} m_{y+} m_{x+}	323 853 440 231	340 891 465 199	351 914 481 183	354 921 485 174	348 909 477 165	335 878 458 178

	$D = 0.0001 d \cdot L_x^2 / (E \cdot h^3)$ $M_{y-} = 0.0001 q \cdot m_{y-} \cdot L_x^2$ $M_{y+} = 0.0001 q \cdot m_{y+} \cdot L_x^2$ $M_{x-} = 0.0001 q \cdot m_{x-} \cdot L_x^2$ $M_{x+} = 0.0001 q \cdot m_{x+} \cdot L_x^2$	d m_{y-} m_{y+} m_{x-} m_{x+}	406 839 428 839 428	489 980 525 857 409	572 1120 621 852 369	644 1240 704 827 310	693 1323 761 793 271	712 1353 782 764 238
	$D = 0.0001 d \cdot L_x^2 / (E \cdot h^3)$ $M_{y-} = 0.0001 q \cdot m_{y-} \cdot L_x^2$ $M_{y+} = 0.0001 q \cdot m_{y+} \cdot L_x^2$ $M_{x+} = 0.0001 q \cdot m_{x+} \cdot L_x^2$	d m_{y-} m_{y+} m_{x+}	569 111 8 616 433	630 122 0 687 375	681 1303 746 311	715 1360 785 269	729 1382 802 252	718 1364 790 238

	$D = 0.0001 d \cdot L_x^2 / (E \cdot h^3)$ $M_{y+} = 0.0001 q \cdot m_{y+} \cdot L_x^2$ $M_{x-} = 0.0001 q \cdot m_{x-} \cdot L_x^2$ $M_{x+} = 0.0001 q \cdot m_{x+} \cdot L_x^2$	d m_{y+} m_{x-} m_{x+}	569	754	979	1230	1469	1644
	$D = 0.0001 d \cdot L_x^2 / (E \cdot h^3)$ $M_{y+} = 0.0001 q \cdot m_{y+} \cdot L_x^2$ $M_{x+} = 0.0001 q \cdot m_{x+} \cdot L_x^2$	d m_{y+} m_{x+}	969	1170	1371	1550	1684	1749

Fuente: <http://publiespe.espe.edu.ec/academicas/hormigon/hormigon07-h.htm>

Dónde:

d : valor dimensional para determinar la deflexión máxima en la losa

k : división entre la distancia entre nervios y el ancho de los nervios (b / b_0)

D : deflexión máxima en la losa

L_x : longitud más corta de la losa rectangular

L_y : longitud más larga de la losa rectangular

E : módulo de elasticidad del hormigón

h : espesor de la losa maciza equivalente en inercia a la losa nervada

q : carga uniformemente distribuida por unidad de superficie de losa

m_{y-} : valor dimensional para calcular momento flector negativo máximo alrededor del eje y

m_{yb-} : valor dimensional para calcular momento flector negativo máximo de borde libre

alrededor del eje y

m_{y+} : valor adimensional para calcular momento flector positivo máximo de tramo

alrededor del eje y

m_{yb+} : valor adimensional para calcular momento flector positivo máximo de borde libre

alrededor del eje y

m_{x-} : valor adimensional para calcular momento flector negativo máximo alrededor del

eje x

m_{xb-} : valor adimensional para calcular momento flector negativo máximo de borde libre

alrededor del eje x

m_{x+} : valor adimensional para calcular momento flector positivo máximo de tramo

alrededor del eje x

m_{xb+} : valor adimensional para calcular momento flector positivo máximo de borde libre

alrededor del eje x

M_{y-} : momento flector negativo máximo alrededor del eje y, por metro de ancho de

losa

M_{yb-} : momento flector negativo máximo de borde libre alrededor del eje y, por metro

de ancho de losa

M_{y+} : momento flector positivo máximo alrededor del eje y, por metro de ancho de

losa

M_{yb+} : momento flector positivo máximo de borde libre alrededor del eje y, por metro

de ancho de losa

M_{x-} : momento flector negativo máximo alrededor del eje x, por metro de ancho de

losa

M_{xb-} : momento flector negativo máximo de borde libre alrededor del eje x, por metro

de ancho de losa

M_{x+} : momento flector positivo máximo alrededor del eje x, por metro de ancho de

losa

M_{xb+} : momento flector positivo máximo de borde libre alrededor del eje x, por metro de ancho de losa

- **Paso N° 20:** Realizar cálculos de momentos en cada paño de losas para posteriormente poder calcular los aceros de refuerzo de la losa nervada. Se realiza el análisis de los momentos a través de cada paño de losa, donde se realiza la relación L_x/L_y , donde este factor, lo buscamos en la tabla para diseñar las losas nervadas apoyadas perimetralmente y escogemos los momentos tanto positivos como negativos. Luego agrupamos los momentos realizados y determinamos la sección a compresión a la que está sometida por las cargas vivas y muertas, luego determinamos las secciones tanto de los nervios como la sección de $1m^2$ con la cual estamos realizando el cálculo. Una vez que efectuada estos cálculos, tomamos en cuenta el F'_c y f_y para determinar el área de acero a través de esta fórmula que se utiliza para calcular el acero a flexión.

$$A_s = \frac{0,85 * f'_c * b * d}{F_y} * \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2Mu}{0,85 * \phi * f'_c * b * d^2}} \right)$$

Tabla N°8 : Tabla para el cálculo de losa nervada de hormigón armado

TABLAS DE CÁLCULOS PARA EL DISEÑO DE LOSA NERVADA

q=	1288	Kg/m ²										
M=	0,0001m*q*Lx ²											
LOSA	LOSA TIPO	Lx	Ly	Lx/Ly	my(-)	my(+)	mx(-)	mx(+)	Muy(-) Kg-m/m	Muy(+) Kg-m/m	Mux(-) Kg-m/m	Mux(+) Kg-m/m
LOSA 6-7-A-B	LOSA 6	7,10	8,00	0,89	489	535	409	852	3175	3474	2656	5532
LOSA 6-7-E-F	LOSA 1	7,00	8,10	0,86	448	343	550	228	2827	2165	3471	1439
LOSA 5-6-E-F	LOSA 1	7,00	10,12	0,69	551	431	551	154	3477	2720	3477	972
LOSA 4-5-E-F	LOSA 1	7,00	10,62	0,66	540	440	551	145	3408	2777	3477	915
LOSA 3-4-E-F	LOSA 1	7,00	7,75	0,90	544	319	544	242	3433	2013	3433	1527
LOSA 2-3-E-F	LOSA 1	7,00	7,75	0,90	544	319	544	242	3433	2013	3433	1527
LOSA 1-2-E-F	LOSA 3	7,00	10,54	0,66	545	468	542	178	3440	2954	3421	1123
LOSA 4-5-F-G	LOSA 1	6,84	10,62	0,64	538	447	558	138	3242	2694	3362	832
LOSA 4-5-G-H	LOSA 2	7,73	10,62	0,73	452	550	439	330	3479	4233	3379	2540
LOSA 1-2-G-H	LOSA 6	7,73	10,54	0,73	451	679	437	328	3471	5226	3363	2524
LOSA 6-7-E-F	LOSA 1	7,10	10,62	0,67	500	437	508	148	3246	2837	3298	961
LOSA 4-5-B-C	LOSA 1	7,00	10,62	0,66	543	440	551	145	3427	2777	3477	915
LOSA 4-5-C-D	LOSA 1	7,00	10,62	0,66	543	440	551	145	3427	2777	3477	915
LOSA 4-5-D-E	LOSA 1	7,00	10,62	0,66	543	440	551	145	3427	2777	3477	915
LOSA 3-4-D-E	LOSA 1	7,00	7,75	0,90	549	319	544	242	3465	2013	3433	1527
LOSA 1-2-B-C	LOSA 3	7,00	10,54	0,66	547	468	542	178	3452	2954	3421	1123

Losa	M (kg-m/m)		b(cm)	d(cm)	f'c (kg/cm2)	fy (kg/cm2)	As(cm2/m)	
	Muy(-)	Muy(+)					Mux(-)	Mux(+)
LOSA 6-7-A-B	Muy(-)	3175	15	17	210	4200	Asy(-)	7,62
	Muy(+)	3474	100	17	210	4200	Asy(+)	5,62
	Mux(-)	2656	15	17	210	4200	Asx(-)	5,56
	Mux(+)	5532	100	17	210	4200	As(+)	9,19
LOSA 6-7-E-F	Muy(-)	2827	15	17	210	4200	Asy(-)	6,14
	Muy(+)	2165	100	17	210	4200	Asy(+)	3,45
	Mux(-)	3471	15	17	210	4200	Asx(-)	10,23
	Mux(+)	1439	100	17	210	4200	As(+)	2,28
LOSA 5-6-E-F	Muy(-)	3477	15	17	210	4200	Asy(-)	10,44
	Muy(+)	2720	100	17	210	4200	Asy(+)	4,36
	Mux(-)	3477	15	17	210	4200	Asx(-)	10,44
	Mux(+)	972	100	17	210	4200	As(+)	1,53
LOSA 4-5-E-F	Muy(-)	3408	15	17	210	4200	Asy(-)	9,26
	Muy(+)	2777	100	17	210	4200	Asy(+)	4,46
	Mux(-)	3477	15	17	210	4200	Asx(-)	10,44
	Mux(+)	915	100	17	210	4200	As(+)	1,44
LOSA 3-4-E-F	Muy(-)	3433	15	17	210	4200	Asy(-)	9,55
	Muy(+)	2013	100	17	210	4200	Asy(+)	3,20
	Mux(-)	3433	15	17	210	4200	Asx(-)	9,55
	Mux(+)	1527	100	17	210	4200	As(+)	2,42
LOSA 2-3-E-F	Muy(-)	3433	15	17	210	4200	Asy(-)	9,55
	Muy(+)	2013	100	17	210	4200	Asy(+)	3,20

	Mux(-)	3433	15	17	210	4200	Asx(-)	9,55
	Mux(+)	1527	100	17	210	4200	As(+)	2,42
LOSA 1-2-E-F	Muy(-)	3440	15	17	210	4200	Asy(-)	9,64
	Muy(+)	2954	100	17	210	4200	Asy(+)	4,75
	Mux(-)	3421	15	17	210	4200	Asx(-)	9,40
LOSA 4-5-F-G	Mux(+)	1123	100	17	210	4200	As(+)	1,77
	Muy(-)	3242	15	17	210	4200	Asy(-)	7,99
	Muy(+)	2694	100	17	210	4200	Asy(+)	4,32
LOSA 4-5-G-H	Mux(-)	3362	15	17	210	4200	Asx(-)	8,83
	Mux(+)	832	100	17	210	4200	As(+)	1,31
	Muy(-)	3479	15	17	210	4200	Asy(-)	10,50
	Muy(+)	4233	100	17	210	4200	Asy(+)	6,92
LOSA 1-2-G-H	Mux(-)	3379	15	17	210	4200	Asx(-)	8,97
	Mux(+)	2540	100	17	210	4200	As(+)	4,07
	Muy(-)	3471	15	17	210	4200	Asy(-)	10,23
	Muy(+)	5226	100	17	210	4200	Asy(+)	8,65
LOSA 6-7-E-F	Mux(-)	3363	15	17	210	4200	Asx(-)	8,84
	Mux(+)	2524	100	17	210	4200	As(+)	4,04
	Muy(-)	3246	15	17	210	4200	Asy(-)	8,02
	Muy(+)	2837	100	17	210	4200	Asy(+)	4,56
LOSA 4-5-B-C	Mux(-)	3298	15	17	210	4200	Asx(-)	8,35
	Mux(+)	961	100	17	210	4200	As(+)	1,51
	Muy(-)	3427	15	17	210	4200	Asy(-)	9,47
	Muy(+)	2777	100	17	210	4200	Asy(+)	4,46
	Mux(-)	3477	15	17	210	4200	Asx(-)	10,44

	Mux(+)	915	100	17	210	4200	As(+)	1,44
LOSA 4-5-C-D	Muy(-)	3427	15	17	210	4200	Asy(-)	9,47
	Muy(+)	2777	100	17	210	4200	Asy(+)	4,46
	Mux(-)	3477	15	17	210	4200	Asx(-)	10,44
	Mux(+)	915	100	17	210	4200	As(+)	1,44
LOSA 4-5-D-E	Muy(-)	3427	15	17	210	4200	Asy(-)	9,47
	Muy(+)	2777	100	17	210	4200	Asy(+)	4,46
	Mux(-)	3477	15	17	210	4200	Asx(-)	10,44
	Mux(+)	915	100	17	210	4200	As(+)	1,44
LOSA 3-4-D-E	Muy(-)	3465	15	17	210	4200	Asy(-)	10,07
	Muy(+)	2013	100	17	210	4200	Asy(+)	3,20
	Mux(-)	3433	15	17	210	4200	Asx(-)	9,55
	Mux(+)	1527	100	17	210	4200	As(+)	2,42
LOSA 1-2-B-C	Muy(-)	3452	15	17	210	4200	Asy(-)	9,83
	Muy(+)	2954	100	17	210	4200	Asy(+)	4,75
	Mux(-)	3421	15	17	210	4200	Asx(-)	9,40
	Mux(+)	1123	100	17	210	4200	As(+)	1,77

ARMADURA REQUERIDA								
Losa	Asy(-) cm2/m	Asy(+) cm2/m	Asx(-) cm2/m	Asx(+) cm2/m	Asy(-) cm2/nervio	Asy(+) cm2/nervio	Asx(-) cm2/nervio	Asx(+) cm2/nervio
LOSA 6-7-A-B	7,62	5,62	5,56	9,19	3,81	2,81	2,78	4,6
					3Ø12mm	2Ø12mm	2Ø12mm	4Ø12mm
LOSA 6-7-E-F	6,14	3,45	10,23	2,28	3,07	1,73	5,12	1,14
					2Ø14mm	1Ø14mm	3Ø14mm	1Ø12mm
LOSA 5-6-E-F	10,44	4,36	10,44	1,53	5,22	2,18	5,22	0,76
					5Ø12mm	2Ø12mm	5Ø12mm	1Ø10mm
LOSA 4-5-E-F	9,26	4,46	10,44	1,44	4,63	2,23	5,22	0,72
					3Ø14mm	2Ø12mm	5Ø12mm	1Ø10mm
LOSA 3-4-E-F	9,55	3,20	9,55	2,42	4,78	1,6	4,78	1,21
					3Ø14mm	1Ø14mm	3Ø14mm	1Ø14mm
LOSA 2-3-E-F	9,55	2,42	9,55	4,75	4,78	1,21	4,78	2,38
					3Ø14mm	1Ø14mm	3Ø14mm	2Ø12mm
LOSA 1-2-E-F	9,64	4,75	9,40	1,77	4,82	2,38	4,7	0,88
					4Ø12mm	2Ø12mm	3Ø14mm	1Ø10mm
LOSA 4-5-F-G	7,99	4,32	8,83	1,31	4,00	2,16	4,41	0,65
					4Ø12mm	2Ø12mm	3Ø14mm	1Ø10mm
LOSA 4-5-G-H	10,50	6,92	8,97	4,07	5,25	3,46	4,48	2,03
					5Ø12mm	3Ø12mm	3Ø14mm	2Ø12mm

LOSA 1-2-G-H	10,23	8,65	8,84	4,04	5,11	4,32	4,42	2,02
					5Ø12mm	4Ø12mm	4Ø12mm	2Ø12mm
LOSA 6-7-E-F	8,02	4,56	8,35	1,51	4,01	2,28	4,17	0,76
					4Ø12mm	2Ø12mm	3Ø14mm	1Ø10mm
LOSA 4-5-B-C	9,47	4,46	10,44	1,44	4,74	2,23	5,22	0,72
					3Ø14mm	2Ø12mm	5Ø12mm	1Ø10mm
LOSA 4-5-C-D	9,47	4,46	10,44	1,44	4,74	2,23	5,22	0,72
					3Ø14mm	2Ø12mm	5Ø12mm	1Ø10mm
LOSA 4-5-D-E	9,47	4,46	10,44	1,44	4,74	2,23	5,22	0,72
					3Ø14mm	2Ø12mm	5Ø12mm	1Ø10mm
LOSA 3-4-D-E	10,07	3,20	9,55	2,42	5,04	1,6	4,78	1,21
					5Ø12mm	1Ø14mm	3Ø14mm	1Ø14mm
LOSA 1-2-B-C	9,83	4,75	9,40	1,77	4,92	2,38	4,7	0,88
					4Ø12mm	2Ø12mm	3Ø14mm	1Ø10mm

Fuente: Cálculo de losas de hormigón armado de Marcelo Romo Proaño

5.2. Análisis y Diseño de losas alveolares pretensadas.

Para determinar el diseño de las losas prefabricadas nos hemos basado en los datos facilitados por la Empresa Pública Cementera del Ecuador –Prefa (Prefabricados de hormigón). Poseen medidas estándar. Los precios van desde los 30 \$/m² hasta los 50 \$/m² dependiendo de espesores y acero de refuerzo. Los paneles se fabrican bajo diseño, con espesores de 8 cm hasta 20 cm de espesor dependiendo de las especificaciones. Los precios de los paneles van en función del diseño estructural, del espesor y características particulares como instalaciones o vanos. En el siguiente gráfico podemos observar las secciones o modelos de losas alveolares pretensadas que pueden ser utilizados en un proyecto estructural.

Figura N°34: Sección de placa alveolar de e: 10cm



Fuente: Tríptico PREFA.

- Este modelo de losa o placa alveolar pretensada es de 10cm de espesor su ancho varía entre 1,20 m y 1,60 m. En ciertos casos depende del diseño que se ajuste al proyecto que va a utilizar la losa alveolar pretensada.

Figura N°35: Sección de placa alveolar de e: 15cm



Fuente: Tríptico PREFA.

- En este caso se tiene una losa alveolar pretensada de 15 cm de espesor.
- En esta grafica tenemos la losa alveolar pretensada con un espesor de 20cm

Figura N°36: Sección de placa alveolar de e: 20cm



Fuente: Tríptico PREFA.

Para el diseño se deben tener en cuenta ciertos aspectos de importancia como:

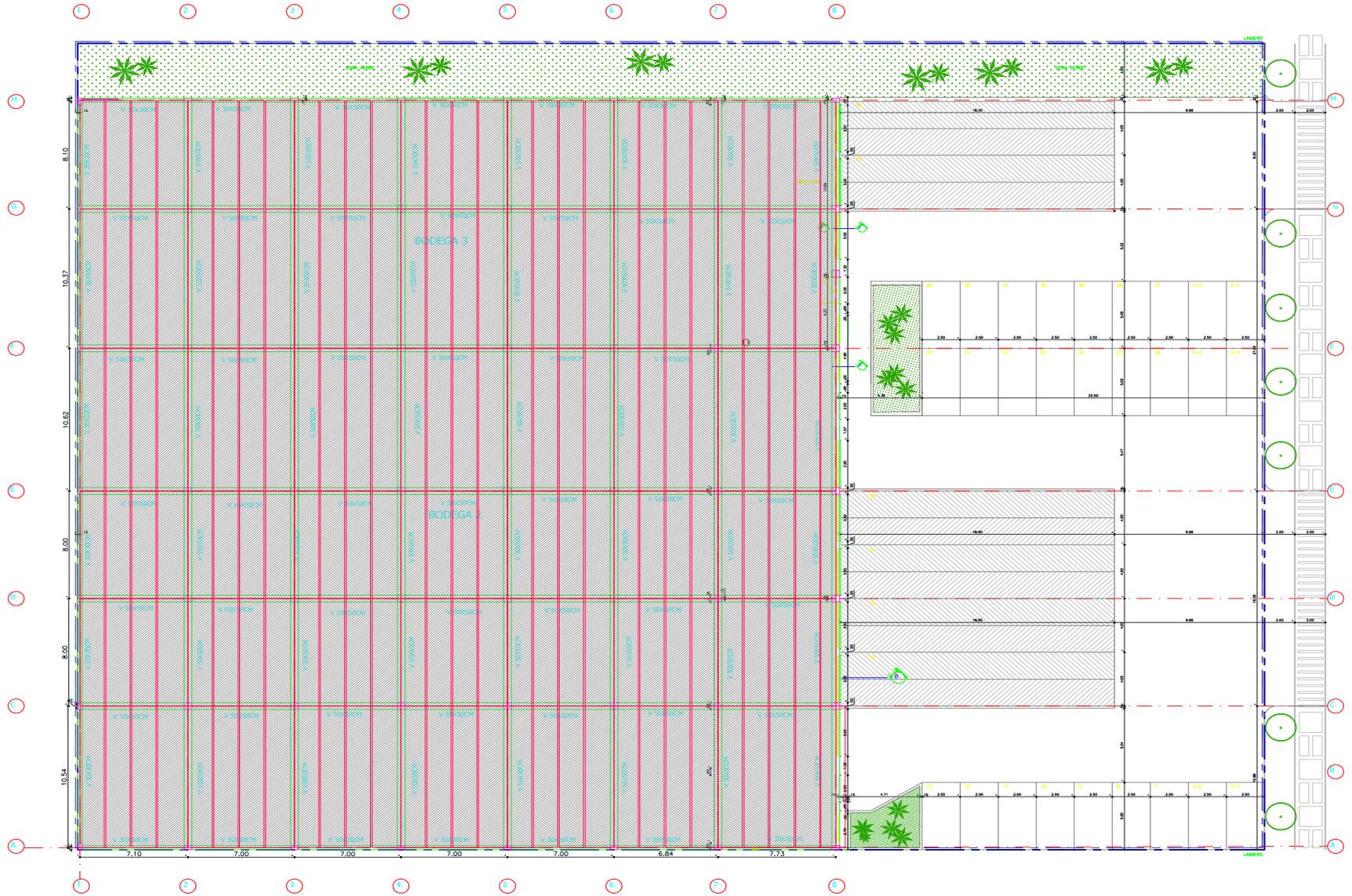
- **Materiales:** Los hormigones utilizados para este tipo de losa deben ser resistencia superior a los 350 Kg/cm² a los 28 días. Para el refuerzo de las placas se utiliza alambres producto de sección maciza, lisos que se suministra en rollos, también barras producto de sección maciza que se suministra en forma de elementos rectilíneos o también cordones metálicos o torones formado por alambres enrollados helicoidalmente (2, 3 ó 7 alambres).

Figura N°37: Colocación de placa o losa alveolar pretensada en una construcción.



Fuente: Folleto de industrialización y pretensado del hormigón.

PLANO TIPO CON LOSAS LAVEOLARES PRETENSADAS



5.2. Diseño de la losas alveolar pretensada

Las características de la losa tipo que vamos a analizar es una losa alveolar de espesor de 10cm por un largo de 1.20m , con un recubrimiento de 50mm / resistencia al fuego de 1h / Categoría A / Pretensado al 60%.

Datos:

Hormigón $f'c$: 350 Kg/cm²

b(losa alveolar pretensada): 120cm

h(losa alveolar pretensada): 10cm

Materiales:

- **Hormigón** → Losas prefabricadas : 350-450 kg/cm² → Peso específico: 2450 kg/m³
 - Articulaciones/cubiertas → $f'c$: 250 kg/cm² – 300 kg/cm² → Peso específico: 2400 kg/m³
- **Acero pretensado** → Cable $\Phi 5$ → Y1770 (designación)
 - Cable $\Phi 7$ → Y1670
 - Torón $\Phi 9,3$ → Y1860
 - Torón $\Phi 12,5$ → Y1860

ESFUERZOS DEL ACERO PRENSADO

$$f_{pk} = 17700 \text{ kg/cm}^2 \qquad f_{p0,1k} = 15230 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{pk} = 16700 \text{ kg/cm}^2 \qquad f_{p0,1k} = 14370 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{pk} = 18600 \text{ kg/cm}^2 \qquad f_{p0,1k} = 16020 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{pk} = 18600 \text{ kg/cm}^2 \qquad f_{p0,1k} = 16020 \text{ kg/cm}^2$$

- **DEFLEXION MÁXIMA:** Para calcular la deflexión o deformación que sufre la placa o losa alveolar pretensada en el centro usamos el factor de carga viva.

- Factor para la aplicación de carga viva $\rightarrow \Psi_2 = 0,3$
- Deflexión TOTAL por peso propio de la losa + carga muerta + 30% carga viva $< L / 250$
- Deflexión ADICIONAL para carga muerta total + 30% carga viva $< L / 500$

Tabla N°9: Tabla de datos y cálculos para el diseño de losas alveolares pretensadas.

DATOS					
L.A. 10x120 - 11 núcleos					
Recubrimiento superior: 50mm / Resistencia al fuego: R=60min. / Cat. A / Pretensado: 60%					
Código de diseño: ACI 2014 + NEC 2015					
Tipo de reforzamiento	A	B	C	D	E
Reforzamiento superior	----	----	----	----	----
Reforzamiento inferior	8xΦ5	12xΦ5	8xΦ7	8xΦ5 4xΦ7	12xΦ7
Reforzamiento (kg/m²)	1,03	1,54	2,01	2,03	3,02
M Rd (kNm/m)	20,5	29,9	36,0	37,4	54,0
Vnc, Rd (kN/m)	58,3	58,1	56,8	56,9	58,5
V c,Rd (kN/m)	37,2	44,5	46,5	49,4	58,5

Para el caso de las cargas son valores únicamente referenciales, y tomaremos luces referenciales aproximadas entre 2.00m y 5.50m

CARGA MUERTA (T/m ²)	CARGA VIVA (T/m ²)	DISTANCIA LIBRE (m)				
0,10	0,10	4,50	4,99	5,13	5,18	5,47
0,15	0,10	4,28	4,92	5,03	5,08	5,37
0,15	0,15	4,18	4,90	5,00	5,06	5,34
0,15	0,20	4,09	4,87	4,98	5,04	5,31
0,15	0,25	4,00	4,85	4,97	5,01	5,29
0,15	0,30	3,87	4,69	4,94	4,99	5,26
0,15	0,35	3,74	4,53	4,92	4,96	5,24
0,15	0,40	3,62	4,39	4,82	4,91	5,21
0,15	0,45	3,51	4,26	4,67	4,77	5,18
0,15	0,50	3,42	4,14	4,54	4,63	5,12
0,15	0,55	3,32	4,03	4,42	4,51	5,06
0,15	0,60	3,24	3,93	4,31	4,40	4,99
0,15	0,65	3,16	3,83	4,21	4,29	4,93
0,15	0,70	3,09	3,74	4,11	4,19	4,88
0,15	0,80	2,96	3,58	3,94	4,01	4,70
0,15	0,90	2,84	3,44	3,78	3,86	4,52
0,15	0,10	2,73	3,32	3,64	3,72	4,35
0,15	1,25	2,52	3,05	3,35	3,42	4,01
0,15	1,50	2,34	2,84	3,12	3,19	3,73
0,15	2,00	2,08	2,52	2,77	2,83	3,32

Para el cálculo de la carga puntual máxima se la realiza al centro de la losa alveolar o sección, en donde determinaremos la deformación máxima permisible en función del módulo de elasticidad, la inercia de la sección y las luces libres existentes.

Deformación máxima permisible (cm)	CARGA PUNTUAL MÁXIMA AL CENTRO DE LA LOSA				
	A	B	C	D	E
0,900	11,53	8,46	7,78	7,56	6,42
0,856	13,40	8,82	8,26	8,01	6,78
0,836	14,39	8,93	8,41	8,11	6,90
0,818	15,36	9,10	8,51	8,21	7,02
0,800	16,42	9,21	8,56	8,36	7,10
0,774	18,13	10,18	8,72	8,46	7,22
0,748	20,08	11,30	8,82	8,61	7,30
0,724	22,15	12,42	9,38	8,88	7,43
0,702	24,30	13,59	10,32	9,68	7,56
0,684	26,27	14,81	11,23	10,59	7,83
0,664	28,71	16,05	12,17	11,45	8,11
0,648	30,89	17,31	13,12	12,33	8,46
0,632	33,30	18,70	14,08	13,31	8,77
0,618	35,61	20,08	15,13	14,28	9,04
0,592	40,51	22,90	17,18	16,29	10,12
0,568	45,87	25,81	19,45	18,27	11,38

0,546	51,64	28,71	21,78	20,41	12,76
0,504	65,65	37,03	27,95	26,27	16,29
0,468	82,00	45,87	34,59	32,37	20,25
0,416	116,75	65,65	49,43	46,36	28,71

Fuente: Hojas de cálculos proporcionados por la Empresa Pública Cementera PREFA

El resultado del módulo de elasticidad y la inercia serán utilizados para el cálculo de las cargas puntuales de acuerdo a los datos de las secciones.

Tabla N°10: Cuadro comparativo entre propiedades de las losas de hormigón armado vs losas alveolares pretensadas

CUADRO COMPARATIVO ENTRE CARACTERÍSTICAS DE LOSAS DE HORMIGÓN ARMADO VS LOSAS ALVEOLARES PRETENSADAS	
VENTAJAS - LOSAS DE HORMIGÓN ARMADO	VENTAJAS- LOSAS O PLACAS ALVEOLARES PRETENSADAS
(+) Los materiales para la elaboración de esta estructura tiene aceptación universal.	(+) Mejor control de calidad en el proceso de fabricación.
	(+) Los materiales para la fabricación son determinados, dosificados y controlados.
(+) Adaptación a su forma.	(+) Permiten mejorar el plazo de ejecución en los trabajos.
(+) Poseen mayor ductilidad.	(+) Mayor productividad de trabajo.
(+) Grado de durabilidad elevado.	(+) Se reduce equipos en obra.
(+) Requieren de poco manteniendo.	(+) Poseen secciones de mayor resistencia estructural (700-900 kg/cm ²) y grandes luces.
(+) Variedad en tipo de losas	(+) Mano de obra especializada.
	(+) Economía es decir reducción de precios
	(+) Posibilidad de canalización para diversas instalaciones.
	(+) Considerable resistencia al fuego (2-4h)
DESVENTAJAS - LOSAS DE HORMIGÓN ARMADO	DESVENTAJAS- LOSAS O PLACAS ALVEOLARES PRETENSADAS
(-) Mayor cantidad de materiales.	(-) Poca flexibilidad para adaptarse a cierto tipo de proyectos.
(-) Mayor presupuesto.	(-) Por lo general se emplean o se usan para luces grandes,
(-) Excesivo peso y volumen.	(-) Manipulación y transporte de las piezas o placas.
(-) Tiempo de elaboración regularmente largos.	(-) Disponer de maquinaria pesada y espacio para colocación.

Autor: Kevin Briones Lozano.

Tabla N°10: Cuadro Tabla N°11: Cuadro de análisis comparativo técnico económico entre losas alveolares pretensadas vs losas típicas de hormigón armado.

ANÁLISIS COMPARATIVO TÉCNICO ECONÓMICO- ENTRE LOSAS ALVEOLARES PRETENSADAS VS LOSAS TÍPICAS DE HORMIGÓN ARMADO.																					
<p>Antecedente: Con respecto a la selección del tipo de losa, el análisis técnico-económico, tiene gran importancia debido a la viabilidad económica del proyecto, para que la solución estructural sea la correcta al momento de ejecutar los trabajos. Dentro del análisis tenemos dos aspectos muy importantes que debemos tomar en cuenta como son: Presupuesto de la construcción y Tiempo operaciones o ejecución.</p>																					
LOSAS DE HORMIGÓN ARMADO	LOSAS O PLACAS ALVEOLARES PRETENSADAS																				
<p>Lo que comprende la losa típica de hormigón armado, dicha estructura está conformada por varios elementos donde podemos determinar el precio o valor de la estructura. En este ámbito comprende los que son APUS, gastos indirectos, mano de obra, materiales, equipos, etc.</p>	<p>Para el caso de las losas alveolares pretensadas, con el área de 2763m², se utilizarían 175 placas de 25cm que equivalen a \$47,00 dólares. El costo aproximado sería de \$10.000 dólares. A este valor se le añade el precio de la instalación y transporte llegando a un valor de \$40.000 dólares.</p>																				
<p>Como nuestra estructura comprende una losa de hormigón armado, consideramos lo siguiente: Hormigón estructural premezclado bombeado, acero de refuerzo, malla electrosoldada, bloques de aliviamiento encofrado de losas, mano de obra, transporte, etc.</p>	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="background-color: #00a0e3; color: white;">TIPO DE LOSA (mm)</th> <th style="background-color: #00a0e3; color: white;">LMAX 3T (m)</th> <th style="background-color: #00a0e3; color: white;">PRECIO</th> <th style="background-color: #00a0e3; color: white;">PESO (kg/m²)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>100</td> <td>5,5</td> <td>\$ 30,00</td> <td>195</td> </tr> <tr> <td>150</td> <td>7,6</td> <td>\$ 36,00</td> <td>245</td> </tr> <tr> <td>200</td> <td>9,9</td> <td>\$ 41,00</td> <td>300</td> </tr> <tr> <td>250</td> <td>11,5</td> <td>\$ 47,00</td> <td>355</td> </tr> </tbody> </table>	TIPO DE LOSA (mm)	LMAX 3T (m)	PRECIO	PESO (kg/m ²)	100	5,5	\$ 30,00	195	150	7,6	\$ 36,00	245	200	9,9	\$ 41,00	300	250	11,5	\$ 47,00	355
TIPO DE LOSA (mm)	LMAX 3T (m)	PRECIO	PESO (kg/m ²)																		
100	5,5	\$ 30,00	195																		
150	7,6	\$ 36,00	245																		
200	9,9	\$ 41,00	300																		
250	11,5	\$ 47,00	355																		
<p>Para nuestro caso el valor que tendríamos para nuestro ejemplo que posee un área de 2763m², con un espesor de losa de 20cm aproximadamente \$80.000,00 dólares.</p>																					
<p>Con respecto al tiempo de ejecución se consideraría el encofrado y armado estructural de aproximadamente 7 días, más el hormigonado estaríamos realizando el trabajo de la construcción de esta estructura en 10 días aproximadamente.</p>	<p>El tiempo aproximado de instalación está alrededor de 1000 m² al día, es decir que la colocación de las placas alveolares pretensadas tendría máximo 3 días para su instalación, utilizando el equipo y el personal especializado.</p>																				

Autor: Kevin Briones Lozano.

5.3.Conclusiones:

Para el presente trabajo de titulación a través de este análisis comparativo de las losas de hormigón armado vs las losas o placas alveolares pretensados podemos mencionar lo siguiente:

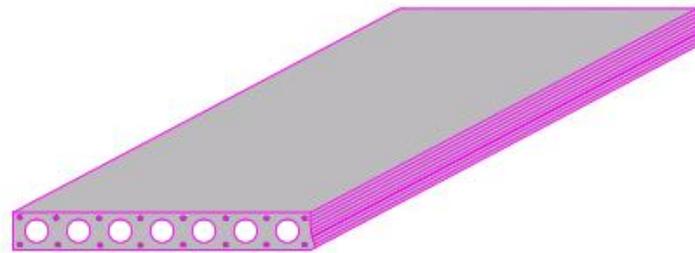
- Se puede indicar que el valor de la construcción de la losa nervada es mucho más elevada ya que necesita materiales para encofrado, hormigón in situ, mucha cantidad de acero, mano de obra etc. En cambio las losas alveolares pretensadas son más accesibles al presupuesto debido a la menor cantidad de material.
- Se puede indicar que las placas alveolares pretensado son elemento estructurales diseñas con alto control de calidad, y hacen un elemento de gran resistencia; cabe indicar que las losas típicas tienen alta capacidad de resistencia pero carecen de poco control al momento de construirse ya sea por el hormigón o por el acero que en muchas ocasiones presentan diferentes anomalías y esto afecta la resistencia del cuerpo y a futuro se presentan problemas.
- El tiempo de ejecución de la colocación de losas alveolares pretensadas se las realiza en menor tiempo que las de hormigón armado. Se requiere menos personal y solo la maquinaria (grúa) para la colocación de la misma.

- El comportamiento de la edificación, hace que tenga menor peso estructural por la ventaja de los alveolos longitudinales que esta posee, y por tal motivo se reduce costos y produce ahorro para los entes constructores.

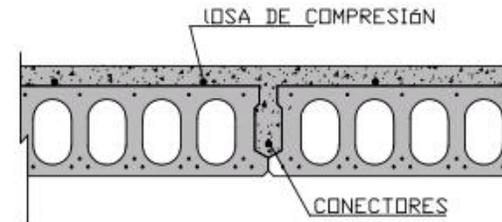
5.4.Recomendaciones.

- Se recomienda a los diferentes aplicar en las diferentes nuevas propuestas estructurales innovadoras como es el caso de las losas alveolares pretensadas para realizar una producción mejor al momento de ejecutar trabajos estructurales.
- Se recomienda tener personal capacitados (profesionales) y con experiencia para ejecutar trabajos de colocación de las losas in- situ, y de esta forma poder dirigir de la manera más adecuada los trabajos a realizar.

ANEXOS



SECCIÓN DE LA PLACA ALVEOLAR PRETENSADA

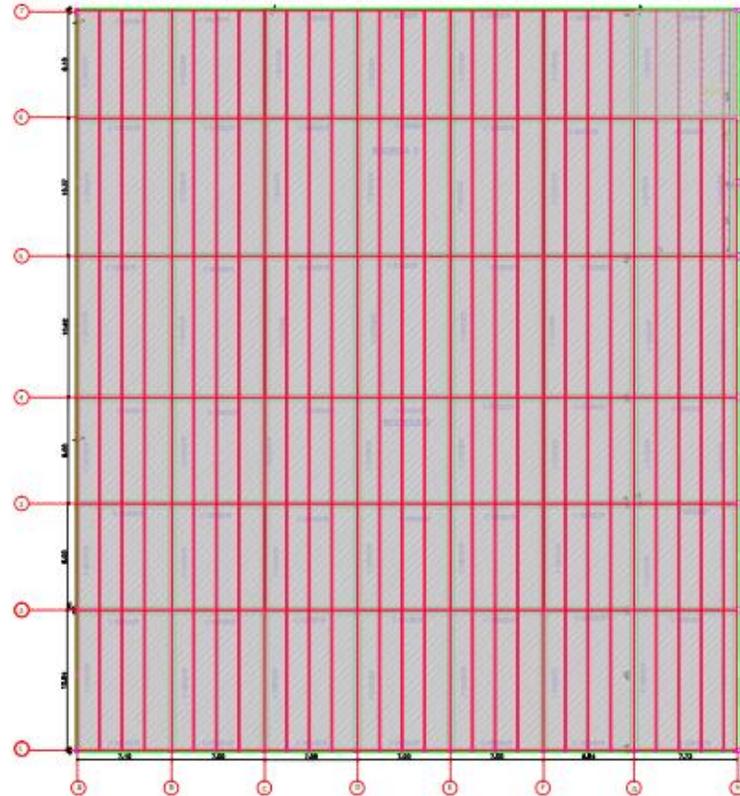


CORTE

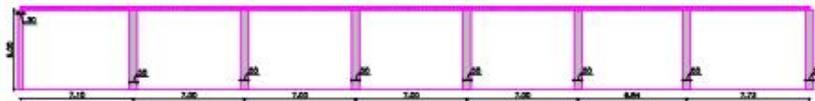


 UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas		
TEMA - ANÁLISIS TÉCNICO Y COMPARATIVO DE LOSAS DE HORMIGÓN ARMADO VS LOSAS O PLACAS ALVEOLARES PRETENSADAS PARA SU IMPLEMENTACIÓN EN PROYECTOS ESTRUCTURALES QUE MEJOREN LA PRODUCCIÓN DE TRABAJO Y REDUCCIÓN DE COSTOS PARA ENTES CONSTRUCTORES DEL ECUADOR		ESCALA: AJUSTADA
ALUMNO: MARCOS KEVIN BRIONES LOZANO.		FECHA: 12/04/2016
TUTOR: ING. ADOLFO VILLACRESES VERA.		PL. No.: 1

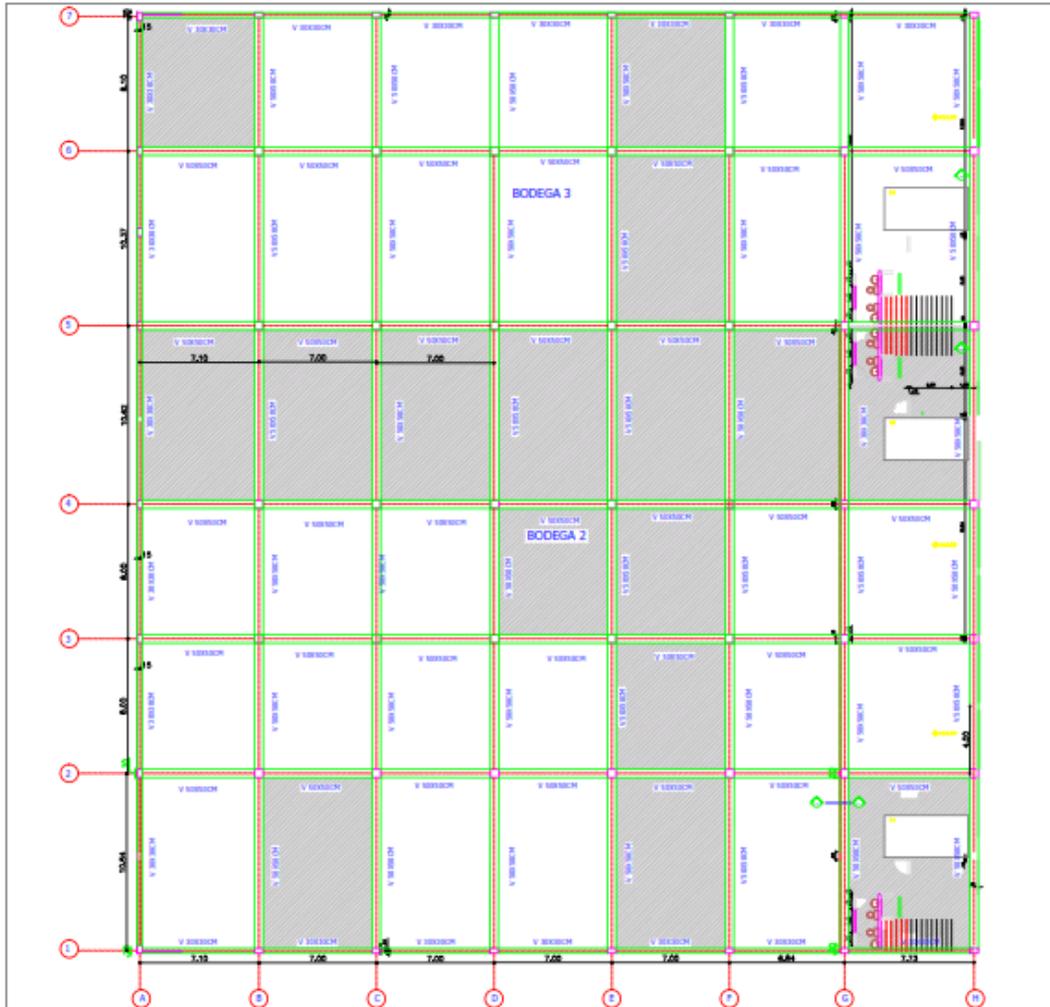
VISTA EN PLANTA DE LAS PLACAS ALVEOLARES PRETENSADAS UBICADAS EN EL PROYECTO



CORTE DE LAS PLACAS ALVEOLARES PRETENSADAS UBICADAS EN EL PROYECTO



 UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas		
TÍTULO: ANÁLISIS TÉCNICO Y COMPARATIVO DE LOS TIPOS DE BARRERAS DE ALMOYEROS VIGAS DE PLACAS ALVEOLARES PRETENSADAS PARA SU APLICACIÓN EN LOS PROYECTOS ESTRUCTURALES QUE ABARCAN LA PRODUCCIÓN DE VIGAS Y ARRANQUE DE FORMAS PARA ESTER CONSTRUCTORES DEL ECUADOR		Pág. 6 de 6
ALUMNO: ALEJANDRO KEVIN BARRERA LOZANO		FECHA: 2023/04/14
TUTOR: ING. GABRIEL VILLACRES VERA		Pl. No. 2



 UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas		
TÍTULO: ANÁLISIS TÉCNICO Y COMPUTATIVO DE LOS DE DISEÑO ARQUITECTÓNICO PÚBLICO ALTERNATIVO PRECISO QUE PERMITE IMPLEMENTACIONES PRECISAS DE LOS TALLERES QUE ADECUAN LA PRODUCCIÓN DE TALLERES Y REDUCCIÓN DE COSTOS PARA ESTER CONSTRUCTORES DEL ECUADOR		
ALUMNO: MARCELO KEVIN BARRERA LOZANO		ESCALA: 1:500
TUTOR: ING. ADOLFO VILLACRESER VERA		FECHA: 12/02/2014
		PL. No.: 4

BIBLIOGRAFÍA:

Cabrera., I. J. (2010). sistemas constructivos prefabricados aplicables a la construcción en edificaciones de países en desarrollo. Madrid.

Cantillo,L.H. (1989). Selección adecuada de un sistema estructural acorde al proyecto arquitectónico.

Rugel, M. R. (2002). Análisis Técnico y Económico de losas de entrepiso. Piura: Repositorio Institucional PIRHUA.

.Urdaneta,G. (2005).Recuperado el 6 de Agosto de 2010, de scribd:[http://scribd.com/doc/14216138/ Industrialización-de-la-construcción](http://scribd.com/doc/14216138/Industrialización-de-la-construcción).

Calavera Ruiz, J., 1984, “Proyecto y cálculo de estructuras de hormigón armado para edificios”.

Regalado Tesoro, F., 1999, “Los forjados de los edificios: presente, pasado y futuro”, CYPE Ingenieros.

Fernández, P. A. (2012). análisis comparativo de costos y eficiencia de edificios en diferentes materiales de acuerdo a las variables: numero de pisos y luces entre columnas . Cuenca.

Orlando Giraldo Bolivar I.C,(2003)- Diseño de losas en 2D- Hormigón2, Universidad Nacional de Colombia

Marcelo Romo Proaño, M.Sc. Diseño de losas de hormigón armado.Capitulo VIII, Escuela Politécnica del Ejercito -Ecuador.

Edgardo Luis Lima, Victorio Hernández Balat, Huan Francisco Bissio. (1999). Hormigón Armado: Notas sobre su evolución y su teoría.

. Manuel Burón Maestro y David Fernández. (1997).Evolución de de la Preabricación para la edificación. Medio siglo de experiencia

Ana Isabel García Monroy e Ing. Jorge Cuan Sánchez(2007), Apuntes para la materia de Elementos para el Diseño III,Instituto Politecnico Nacional.

CITAS WEB

<http://www.arquba.com/monografias-de-arquitectura/losas-de-entrepiso>.

http://www.weilerprecast.com/docs/Losas_Alveolares_FotosyEjemplos_GOF.pdf



Presidencia
de la República
del Ecuador



Plan Nacional
de Ciencia y Tecnología
Innovación y saberes



REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS

TÍTULO Y SUBTÍTULO	ANÁLISIS TÉCNICO Y COMPARATIVO DE LOSAS DE HORMIGÓN ARMADO VS LOSAS O PLACAS ALVEOLARES PRETENSADAS PARA SU IMPLEMENTACIÓN EN PROYECTOS ESTRUCTURALES QUE MEJOREN LA PRODUCCIÓN DE TRABAJO Y REDUCCIÓN DE COSTOS PARA ENTES CONSTRUCTORES DEL ECUADOR.		
AUTOR/ES:	MARCOS KEVIN BRIONES LOZANO		REVISORES: ING. JOHN GALARZA RODRIGO ING. CIRO ALAVA SANTOS
INSTITUCIÓN:	Universidad de Guayaquil	FACULTAD:	De Ciencias Matemáticas y Físicas
CARRERA:	Ingeniería civil		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	2015-2016	Nº DE PÁGS:	110
ÁREAS TEMÁTICAS:	Análisis técnico comparativo losas hormigón armado vs losas o placas alveolares pretensadas		
PALABRAS CLAVE:	<ANÁLISIS TÉCNICO- LOSAS HORMIGÓN ARMADO - LOSA ALVEOLAR> <PROYECTOS ESTRUCTURALES-CARGAS>.		
RESUMEN:	<p>El presente proyecto de titulación está comprendido en la descripción y comparación de los diferentes tipos de losas para diferentes proyectos estructurales como edificios, viviendas, hospitales, centro comerciales, etc. en donde se describe los aspectos importantes de las losas de hormigón armado y la propuesta de implementar las losas alveolares pretensadas tanto sus características en generales y diseño estructural con el fin de poder determinar cuál será la mejor opción para ejecutarlas en el transcurso de la construcción del un proyecto estructural., para lo cual tomaremos una estructura tipo realizando el análisis de losas de hormigón armado nervadas rectangulares apoyadas perimetralmente con cargas distribuidas uniformemente y la losa alveolar pretensada para compararlas en sus diferentes aspectos estructurales y así llegar a la conclusión de cuál sería más factible utilizar en nuestro medio. Cabe indicar que en este proyecto de titulación se explica las comparaciones entre las características tanto positivas como negativas tanto de las losas típica de hormigón armado como la placa o losa alveolar pretensada. Es decir el proyecto se resumen en cálculo y propiedades entre ambas losas.</p>		
N. DE REGISTRO (en base de datos):	Nº. DE CLASIFICACIÓN:		
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):			
ADJUNTOS PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI		<input type="checkbox"/> NO
CONTACTOS CON AUTOR/ES:	Teléfono: 0982952343		E-mail: kevin1_briones@hotmail.es
CONTACTO EN LA INSTITUCIÓN:	Nombre: FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS		
	Teléfono: 2-283348		
Quito: Av. Whymper E7-37 y Alpallana, edificio Delfos, teléfonos (593-2) 2505660/ 1: y en la Av. 9 de octubre 624 y Carrión, edificio Prometeo, teléfonos: 2569898/9, Fax: (593 2) 250-9054			1